

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**EFFECTO DE LA SUSTITUCION DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR RESIDUOS DE LIMON (*Citrus aurantifolia*) EN POLVO
SOBRE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS Y
ACEPTABILIDAD GENERAL EN MUFFINS DE VAINILLA**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

MEYSI SOFIA PEREYRA TORRES

TRUJILLO, PERÚ

2017

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Dr. Fernando Rodríguez Avalos

PRESIDENTE

Ing. Ms. Carla Consuelo Pretell Vásquez

SECRETARIO

Ing. Max Vásquez Senador

VOCAL

Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta

ASESOR

DEDICATORIA

Esta tesis se la ofrezco a Dios, a quién agradezco y en quien confío cada día.

A mi familia en general, pero en especial a mis padres Gracia y Jorge quienes me enseñaron con su ejemplo lo que soy en la vida, por sus consejos y apoyo incondicional, a que vale más ser una buena persona con los valores y principios antes de cualquier título.

A mis queridas hermanas Gracia y Camila por estar siempre presentes acompañándome en cada momento de la vida.

Finalmente a mis maestros, quienes marcaron con su ejemplo y enseñanza no solo en la vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial a aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización de la presente investigación, a mis padres por haberme enseñado con el ejemplo lo que es la perseverancia y compromiso, así como, por la motivación constante a lo largo de la etapa universitaria. A mis hermanas, por el apoyo en cada prueba o papeleo que era necesario mientras yo trabajaba fuera de la ciudad.

De manera muy especial al Ing. Ms. Luis Francisco Márquez Villacorta, por la orientación, seguimiento y total apoyo para poder lograr este gran paso.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

| | |
|---|------|
| Carátula | i |
| Aprobación por el Jurado de Tesis | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Agradecimiento..... | iv |
| Índice General | v |
| Índice de Cuadros..... | viii |
| Índice de Figuras | x |
| Índice de Anexos | xi |
| Resumen | xii |
| Abstract | xiii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA..... | 3 |
| 2.1. Limón (<i>Citrus aurantifolia</i>) | 3 |
| 2.1.1. Generalidades..... | 3 |
| 2.1.2. Variedades | 3 |
| 2.1.2.1. Limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i>) | 3 |
| 2.1.2.2. Limón Tahití (<i>Citrus latifolia</i>) | 4 |
| 2.1.3. Producción nacional del limón..... | 4 |
| 2.1.4. Composición química y nutricional del limón..... | 5 |
| 2.2. Muffins..... | 6 |
| 2.2.1. Generalidades..... | 6 |
| 2.2.2. Características | 8 |
| 2.2.3. Valor nutricional | 8 |
| 2.2.4. Sustituciones en muffins | 9 |
| 2.3. Ingredientes e insumos para la elaboración de muffins..... | 10 |
| 2.3.1. Harina de trigo..... | 10 |
| 2.3.2. Huevo..... | 11 |
| 2.3.3. Azúcar | 12 |

| | Pág. |
|---|------|
| 2.3.4. Grasas..... | 12 |
| 2.3.5. Leche | 13 |
| 2.3.6. Sal..... | 13 |
| 2.3.7. Agente químico leudante..... | 14 |
| 2.4. Subproductos agroindustriales | 14 |
| 2.4.1. Generalidades..... | 14 |
| 2.4.2. Subproductos cítricos en panificación y pastelería | 17 |
| 2.4.3. Harinas sucedáneas y polvos de subproductos agroindustriales | 18 |
| 2.5. Fibra dietética | 20 |
| 2.6. Compuestos fenólicos | 22 |
| III. MATERIALES Y METODOS..... | 23 |
| 3.1. Lugar de ejecución | 23 |
| 3.2. Materiales, insumos y reactivos | 23 |
| 3.3. Equipos..... | 24 |
| 3.4. Instrumentos | 24 |
| 3.5. Metodología | 24 |
| 3.5.1. Esquema experimental..... | 24 |
| 3.5.2 Procedimiento experimental para la obtención del residuo de limón en polvo..... | 25 |
| 3.5.3 Formulación de muffins | 27 |
| 3.5.4 Procedimiento experimental para la elaboración del muffins con residuos de limón en polvo..... | 27 |
| 3.6. Métodos de análisis | 29 |
| 3.6.1. Firmeza..... | 29 |
| 3.6.2. Color | 30 |
| 3.6.3. Fibra cruda | 30 |
| 3.6.4. Compuestos fenólicos | 31 |
| 3.6.5. Apariencia general..... | 31 |
| 3.6.6. Aceptabilidad general | 31 |
| 3.6.7. Métodos estadísticos..... | 34 |

| | |
|--|----|
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION | 35 |
| 4.1. . Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la firmeza en muffins | 35 |
| 4.2. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre el color en muffins | 38 |
| 4.3. Efecto de la sustitución de residuos de limón en polvo sobre la fibra cruda en muffins | 46 |
| 4.4. Efecto de la sustitución de residuos de limón en polvo sobre los compuestos fenólicos en muffins..... | 50 |
| 4.5. Efecto de la sustitución de residuos de limón en polvo sobre la apariencia general en muffins | 54 |
| 4.6. Efecto de la sustitución de residuos de limón en polvo sobre la aceptabilidad general en muffins..... | 57 |
| V. CONCLUSIONES..... | 60 |
| VI. RECOMENDACIONES | 61 |
| VII. BIBLIOGRAFIA | 62 |
| VIII. ANEXOS | 69 |

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Composición química y nutricional del limón | 6 |
| Cuadro 2. Valor nutricional de los muffins | 9 |
| Cuadro 3. Contenido de fibra dietética de residuos agroindustriales | 21 |
| Cuadro 4. Formulación para la elaboración de muffins | 27 |
| Cuadro 5. Prueba de Levene modificada de la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo | 37 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza de la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo..... | 37 |
| Cuadro 7. Prueba de Duncan para la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo | 38 |
| Cuadro 8. Prueba de Levene modificada para las características de color en muffins con residuos de limón en polvo | 43 |
| Cuadro 9. Análisis de varianza para las características de color en muffins con residuos de limón en polvo..... | 44 |
| Cuadro 10. Prueba de Duncan para la luminosidad en muffins con residuos de limón en polvo | 45 |
| Cuadro 11. Prueba de Duncan para la cromaticidad a* en muffins con residuos de limón en polvo | 45 |
| Cuadro 12. Prueba de Duncan para la cromaticidad b* en muffins con residuos de limón en polvo | 46 |
| Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para el contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo..... | 48 |
| Cuadro 14. Análisis de varianza del contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo..... | 49 |
| Cuadro 15. Prueba de Duncan para el contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo..... | 50 |
| Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo..... | 52 |

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 17. Análisis de varianza para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo..... | 53 |
| Cuadro 18. Prueba de Duncan para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo..... | 54 |
| Cuadro 19. Prueba de Friedman para la apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo | 56 |
| Cuadro 20. Prueba de Wilcoxon para la apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo | 56 |
| Cuadro 21. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en muffins con residuos de limón en polvo..... | 58 |
| Cuadro 22. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en muffin con residuos de limón en polvo..... | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Esquema experimental para la evaluación muffins con residuos de limón en polvo | 25 |
| Figura 2. Diagrama de flujo de la obtención de los residuos de limón en polvo | 26 |
| Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración de muffins con residuos de limón en polvo | 28 |
| Figura 4. Ficha de evaluación para la prueba de apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo | 32 |
| Figura 5. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad general en muffins con residuos de limón en polvo | 33 |
| Figura 6. Firmeza en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins..... | 35 |
| Figura 7. Luminosidad (*L) en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins | 39 |
| Figura 8. Cromaticidad a* en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins | 40 |
| Figura 9. Cromaticidad b* en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins | 42 |
| Figura 10. Contenido de fibra cruda en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins..... | 47 |
| Figura 11. Contenido de compuestos fenólicos en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins..... | 50 |
| Figura 12. Apariencia general en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins..... | 54 |
| Figura 13. Aceptabilidad general en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins..... | 57 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|------|
| Anexo 1. Resultados de las evaluaciones de firmeza, color, fibra cruda y compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo..... | 70 |
| Anexo 2. Calificaciones de las pruebas sensoriales para la apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo..... | 71 |
| Anexo 3. Calificaciones para las pruebas sensoriales de aceptabilidad general en muffins con residuos de limón en polvo..... | 72 |
| Anexo 4. Vistas fotográficas de la elaboración de muffins con residuos de limón en polvo..... | 73 |

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la firmeza, color, fibra cruda, compuestos fenólicos y aceptabilidad general en muffins de vainilla. Los residuos de cáscara de limón sutil de la empresa Limones Piuranos SAC, de Sullana-Piura, se trasladaron hasta los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego, donde fue recibida, pesada, molida, tamizada, envasada y almacenada a temperatura ambiente hasta su posterior uso en la elaboración de los muffins. Se evaluó la firmeza, color, fibra cruda y compuestos fenólicos como variables paramétricas. Sensorialmente se evaluó la aceptabilidad y apariencia general con treinta panelistas no entrenados, utilizando una escala hedónica de nueve puntos. Los análisis estadísticos se realizaron a un nivel de confianza del 95%. La prueba de Levene modificada demostró homogeneidad de varianzas para las variables paramétricas y el análisis de varianza indicó efecto significativo en la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la firmeza, color, fibra cruda y compuestos fenólicos en muffins de vainilla. Con la prueba de Duncan se determinó que la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5% presentó la mejor firmeza y mejor color, comparado con un producto comercial, así mismo, que la sustitución al 15% produjo los muffins con mayor contenido de fibra cruda y fenoles totales. La prueba no paramétrica de Friedman determinó efecto significativo de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la aceptabilidad y apariencia general; finalmente, la prueba de Wilcoxon denotó que la sustitución al 5% presentó la mayor apariencia y aceptabilidad general en muffins de vainilla; considerando a este como el mejor tratamiento en la investigación.

ABSTRACT

The effect of substitution of the wheat flour for lemon residue on firmness, color, crude fiber, phenolic compounds and general acceptability in vanilla muffins was evaluated. The residues of the subtle lemon peel of the Company Limones Piuranos SAC of Sullana, Perú, moved to the laboratories of the Professional School of Food Engineering Antenor Orrego Private University, was received, weighed, milled, sieved, packaged and stored at room temperature until its subsequent use in the production of vanilla muffins. The firmness, color, raw fiber and phenolic compounds as parametric variables was evaluated. Sensory, the overall appearance and acceptability were applied by thirty untrained judges using a hedonic scale of nine points. Statistical analyzes were performed with a confidence level of 95%. The modified Levene test demonstrated homogeneity of variances for the parametric variables and the analysis of variance indicated a significant effect of the substitution of wheat flour for residues of lemon powder in firmness, color, crude fiber and phenolic compounds of vanilla muffins. The Duncan test determined that the substitution of wheat flour for residues of lemon powder at 5% presented the better firmness and color compared to a commercial product, as well, that the substitution to 15% produced the muffins with greater content of raw fiber and total phenols. The non-parametric test of Friedman determined significant effect of substitution of wheat flour for lemon residue on the sensory characteristics; finally the Wilcoxon test denoted substitution at 5% showed the greatest overall appearance and acceptability in vanilla muffins, considering this as the best treatment in the research.

I. INTRODUCCIÓN

Los pasteles son los productos de panadería más populares consumidos en distintos niveles de la sociedad, debido a su naturaleza lista para comer, disponibilidad en diferentes variedades y costo asequible. El desarrollo de alimentos básicos enriquecidos con fibra es una contribución importante a un suministro más amplio de productos con efecto beneficioso. De acuerdo con esta tendencia, la fibra dietética juega un papel importante en la dieta humana, en la reducción de enfermedades crónicas, cardiovasculares y estreñimiento, y se asocia con una dieta equilibrada. Además, la fibra tiene una gama de propiedades tales como la gelificación que modifica la textura de masas y mejora la estabilidad de los alimentos durante su producción y almacenamiento (Ben y otros, 2017).

Las fibras más utilizadas para la elaboración de alimentos se encuentran en los salvados de trigo, avena, maíz y cebada, y cáscaras de frutas. Las fibras procedentes de vegetales (verduras y hortalizas) y frutas son consideradas en general de mayor calidad nutricional y tecnológica. De este modo se han realizado estudios para la obtención y determinación de la composición de diversas fibras vegetales como: subproductos de maracuyá, manzanas, peras, naranjas, durazno, alcachofa y espárrago; del proceso de elaboración del jugo de limón, grosella negra, pera, cereza y zanahoria (Romero y otros, 2010).

Existe una tendencia de alza en cuanto a productos de panadería con un mayor valor nutricional, como los enriquecidos con fibra y antioxidantes. Con el fin de aumentar el contenido de fibra en las tortas y muffins, se han evaluado varias materias primas, tales como el salvado y capas exteriores de cereales, la capa externa de las leguminosas y subproductos o residuos del procesamiento industrial de frutas y hortalizas (Al-sayed y Ahmed, 2013).

La Gerencia Regional de Agricultura (2016) indica que la mayor producción nacional del limón se realiza en Piura, con una producción en el 2016 de 120 000 t. Las principales zonas productoras en la región de Piura son Cieneguilla, Tambogrande y Chulucanas. Esta producción es destinada a la producción de jugos, comidas y otros, generándose residuos como cáscaras y semillas.

En el procesamiento de frutas para la elaboración de jugos u otros, se generan toneladas de desechos como: cáscara, semillas y bagazo, los cuales tienen un contenido considerable de fibra dietética de tipo soluble, la cual tiene efectos benéficos a la salud, pues se relaciona con la disminución de glucosa y colesterol en sangre, e incremento en los movimientos peristálticos intestinales, a pesar de esto no han sido aprovechados industrialmente de manera adecuada (Romero y otros, 2010).

El problema planteado fue:

¿Cuál será el efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo (5, 10 y 15%) sobre la firmeza, color, fibra cruda, compuestos fenólicos, aceptabilidad y apariencia general en muffins?

Los objetivos fueron:

Evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la firmeza, color, fibra cruda, compuestos fenólicos, aceptabilidad y apariencia general en muffins.

Determinar el porcentaje de sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo que produzca la mejor firmeza y color, el mayor contenido de fibra cruda, compuestos fenólicos, apariencia y aceptabilidad general en muffins.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Limón

2.1.1. Generalidades

El limón (*Citrus aurantifolia*), cuyo origen se remonta a unos veinte millones de años, en la era terciaria, pero aquellas variedades, poco se parecen a las actuales naranjas dulces. Los limones se cultivan desde hace más de 4 000 años. Sus frutos al parecer atrajeron la atención de los pobladores primitivos, quienes se encargaron de cultivarlos mucho tiempo antes de que aparecieran en los países europeos a donde fueron llevados por los primeros viajeros gracias a la cautivante apariencia de su fruta y sus flores. Las numerosas especies del género *Citrus* provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago Malayo. El área comúnmente asociada a su origen se encuentra ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, este de Filipinas y desde el Himalaya al sur hasta Indonesia (Guerrero y otros, 2012).

2.1.2. Variedades

2.1.2.1. Limón sutil

El limón sutil (*Citrus aurantifolia*), denominado lima ácida o gallega, limón ceutí, limón mexicano, limón peruano o limón de pica; es un árbol frutal del género de los cítricos. Proviene del sudeste de Asia; su etimología deriva del persa. Es un árbol de unos 5 m de altura, y tronco habitualmente torcido, se ramifica densamente desde muy abajo (Madrigal y otros, 2015).

El fruto tiene forma globosa y entre 2.5 a 3 cm de diámetro, es de color verde amarillento al madurar, aunque se suele consumir antes de la maduración. La pulpa verde y jugosa posee un característico sabor ácido y aromático. Esta fruta tiene un alto

contenido en vitamina C, así como, ácido cítrico. Las flores poseen gran aroma, son de color blanco amarillento, con una fina línea púrpura en los bordes, nacen de las axilas de las ramas, en ramilletes de hasta siete florecillas (Guerrero y otros, 2012).

2.1.2.2. Limón Tahití

El limón Tahití (*Citrus latifolia*), pertenece a la familia de las Rutáceas, subfamilia Aurantioidae, tribu Citrae, grupo Agrios, género Citrus. Sus hojas se caracterizan por ser unifolioladas, enteras, pecioladas, alternas y separadas por entrenudos por ángulos axilares. Entre la base de la lámina foliar y la porción distal del pecíolo se observa una articulación que separa claramente ambas estructuras, es así que factores como la temperatura, irradiación y disponibilidad de agua se correlacionan con determinadas características anatómicas de la madera y la estructura foliar de este fruto. El fruto tiene unos 6 cm de diámetro, a menudo con extremos ligeramente puntiagudos, normalmente se vende con color verde, aunque cuando alcanza la madurez total es amarillo (Guerrero y otros, 2012).

2.1.3. Producción nacional de limón

En Perú, Piura produce cerca de 120 000 t de limón sutil al año, convirtiéndola en la principal región productora de dicha fruta (concentra más del 50% del total). Las principales zonas productoras de limón en la región de Piura son Cieneguillo (provincia de Sullana), Tambogrande (provincia de Piura) y Chulucanas (provincia de Morropón) (Agraria, 2016).

Durante los últimos cinco años, hubo un aumento progresivo en la producción de limón a nivel nacional, desde el 2011 con aproximadamente 215 000 t hasta aproximadamente 270 000 t en el

2016. Se tiene previsto el aumento progresivo para los siguientes años debido al incremento del área cultivada en diferentes zonas de Piura (Minag, 2016).

2.1.4. Composición química y nutricional del limón

El limón ocupa un primer lugar dentro los frutos de aporte vitamínico, por ser un gran eliminador de toxinas y poderoso bactericida (Madrigal y otros, 2015).

Algunas de sus propiedades nutritivas se listan a continuación: debido a la vitamina C presente, se refuerza las defensas del organismo para evitar enfermedades, sobre todo de las vías respiratorias que van desde un simple catarro, ronquera, amigdalitis, hasta pulmonías, bronquitis, congestiones, gripe, pleuresías, asma etc. Ayuda a cicatrizar heridas de todo tipo, aplicándolo interior y exteriormente. El limón es rico en minerales entre los que se destacan potasio, magnesio, calcio, fósforo, sodio, hierro y flúor. Cuenta con algunas vitaminas del complejo B (B₁, B₂, B₃, B₅, B₆) (Madrigal y otros, 2015).

Es bueno en casos de hipertensión, arteriosclerosis y enfermedades cardiovasculares (activando la circulación de la sangre), en casos de diabetes, colabora en evitar complicaciones relacionadas con las arterias. Previene la formación de cálculos renales y puede llegar a disolverlos lentamente (Guerrero y otros, 2012).

En el Cuadro 1, se muestra la composición química y nutricional del limón en una muestra de 100 g.

Cuadro 1. Composición química y nutricional del limón

| Componente | Cantidad (100 g) |
|--------------------|-------------------------|
| Energía (kcal) | 30 |
| Agua (g) | 89.3 |
| Proteínas (g) | 0.5 |
| Grasa total (g) | 0.2 |
| Carbohidratos (g) | 9.7 |
| Fibra dietaria (g) | 0.4 |
| Cenizas (g) | 0.3 |
| Calcio (mg) | 12 |
| Hierro (mg) | 0.4 |

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos (2009).

2.2. Muffins

2.2.1. Generalidades

Corrales y Erazo (2009) hacen referencia a que el origen de los muffins es en Inglaterra. Hay referencias a ellos en recetarios desde 1703. Su nombre deriva de la palabra original “moofin”, cuyo origen puede deberse a una adaptación de la palabra francesa moufflet (pan suave). En Estados Unidos se conoció recién en el siglo XIX, a partir de la llegada de inmigrantes británicos.

Petrik (2013) indica que a partir de 1950 se comenzaron a comercializar distintos paquetes de muffins, tanto en Inglaterra como en Estados Unidos. El muffin guarda similitudes con la magdalena pero es un alimento distinto, debido a que presenta un sabor menos dulce y guarda otro tipo de elaboración, ingredientes y sabores de toda clase. Se consumen habitualmente en el desayuno o merienda. El pastel se consumía preferiblemente en desayunos o como tentempié, y se

incluyeron varios sabores como fruta seca o fresca, especias y chocolate. Hoy en día hay muffins de casi todos los sabores posibles.

Wheat Foods Council (2005) menciona que la forma de un muffin o panecillo debe ser uniforme, libre de picos, sin grietas y ser grande en proporción al peso. El color exterior debe ser un marrón dorado uniforme con una superficie ligeramente rugosa y brillante. La textura en el interior debe estar húmeda, tierna y ligera. El color en el interior será de color blanco cremoso o ligeramente amarillo y libre de rayas. Los muffins se pueden variar mediante la adición de frutas, frutos secos, hierbas, queso, carnes o especias picadas a la masa.

Corrales y Erazo (2009) mencionan que el muffin es un tipo de bizcocho horneado en moldes pequeños que se caracterizan por ser esponjosos y húmedos por dentro; son dulces, redondos y muy apetecidos por los consumidores, por ser blandos y suaves al paladar.

García (2010) menciona que los bizcochuelos, panques o muffins son alimentos elaborados con tres ingredientes principales: harina, huevo y azúcar, y se caracterizan por tener un desarrollo de los alveolos producido por el aire incorporado durante el batido y su expansión durante la cocción. La calidad de la harina juega un papel fundamental en la calidad final del producto.

Forero y Mutis (2010) indican que los panquecitos o muffins, son productos de panificación que no requieren gran desarrollo de gluten, por ello, son elaborados generalmente con harinas de trigos blandos o suaves.

2.2.2. Características

Los muffins o panques (mantecadas) tienen una corteza delgada, de color café oscuro uniforme. La parte superior debe ser simétrica, con un contorno similar al de la cabeza de una coliflor, esto indica una óptima manipulación de los ingredientes y una cantidad óptima de líquido en el batido (Corrales y Erazo, 2009).

Una superficie rugosa con un volumen bajo indican una deficiencia de líquido o de manipulación. Por otro lado, un extremo superior liso y con una elevación pronunciada es causado por una sobre manipulación. Los agujeros del migajón o miga deben ser redondos y de tamaño mediano y las paredes de las células muy delgadas. Entre mejor sea el batido (mayor contenido de grasa y azúcar), más pequeñas son las células de gas y más delgadas las paredes (Corrales y Erazo, 2009).

No es más que la masa para la torta horneada en recipientes pequeños para esto podemos usar varias alternativas como las más comunes que son vainilla y también existe la ventaja que podemos inventar o crear alguna receta para masa dependiendo los requerimientos y variados gustos. No todos llevan relleno, queda a gusto del que lo elabora y la preferencia del consumidor se pueden usar frutas secas, mermelada u otros (Torres, 2015).

2.2.3. Valor nutricional

El valor nutricional de los muffins depende de los enfoques y nuevas tendencias de sustituir parcialmente la harina de trigo por un sustituto (frutas frescas o secas, zumo de frutas, etc.). En el cuadro 1 se muestra el valor nutricional de muffins regulares (Barragán y Bautista, 2010).

Cada grupo de nutrientes energéticos glúcidos, lípidos o proteínas tiene un valor calórico diferente, más o menos uniforme en cada grupo. Para

facilitar los cálculos del valor energético de los alimentos se toman unos valores estándar para cada grupo: un grupo de glúcidos o de proteínas libera al quemarse unas cuatro calorías, mientras que un gramo de grasa produce nueve (Hugo, 2014). En el Cuadro 2, se presenta el valor nutricional de muffin sobre porciones de 100 g.

Cuadro 2. Valor nutricional de los muffins

| Componente | Cantidad (100 g) |
|---------------------|-------------------------|
| Energía (kcal) | 264.47 |
| Proteína (g) | 9.57 |
| Lípidos (g) | 10.49 |
| Grasa saturada (g) | 3.56 |
| Carbohidratos (g) | 36.22 |
| Azúcares (g) | 6.35 |
| Fibra dietética (g) | 0.11 |

Fuente: Barragán y Bautista (2010).

2.2.4. Sustituciones en muffins

Se describen las bondades de sustituciones o reemplazos en muffins, de acuerdo a Martínez (2013).

- Parte de la harina refinada por harina integral: se gana mayor aporte de fibra y mayor sensación de saciedad. Para no perder la esponjosidad y liviandad del producto conviene reemplazar parcialmente la harina. Se trabaja mayormente en panificación con salvados de trigo, avena, cebada y en algunas ocasiones con cáscaras de frutas.

- Reemplazar uno de los huevos por dos claras: se disminuye el de grasa y colesterol.
- Utilizar leche parcialmente descremada en vez de leche entera: se disminuye el aporte de grasas saturadas manteniendo el aporte nutricional.
- Utilizar aceite como materia grasa: cambia el aporte de grasas saturadas y colesterol por grasas saludables. También puede utilizarse la margarina sin ácidos grasos trans (para repostería), logrando mantener el aroma característico con menor aporte de grasas saturadas y sin colesterol ni grasas trans.
- Reemplazar la mitad del azúcar por edulcorante apto para cocción: se reduce el aporte calórico manteniendo el sabor dulce. Idealmente conviene utilizar sucralosa que es el edulcorante con sabor y características más similares al azúcar.
- Se pueden fabricar con masas dulces o saladas.
- No presentan rellenos a base de cremas, por lo que su aporte energético es menor al de un cupcake (385 kcal/100 g).

2.3. Ingredientes e insumos para la elaboración de muffins

2.3.1. Harina de trigo

Es el producto finamente triturado obtenido de la molturación del grano del trigo, *Triticum aestivum* o la mezcla de éste con el *Triticum durum*, en la proporción máxima 4:1 (80% y 20%), maduro, sano y seco e industrialmente limpio. Los productos finamente triturados de otros cereales deberán llevar adicionado al nombre genérico de la harina, el del grano del cual proceden (Novo y otros, 2012).

Es la que proporciona estructura y ayuda a unir a los demás ingredientes. La harina debe de ser suave, es decir que no se desarrolle tenacidad cuando se está mezclando. Es conveniente que esta harina

tenga un porcentaje de proteínas entre 7 - 9% con un contenido de cenizas entre 0.34 - 0.38%. Las harinas hechas de este trigo son suaves al tacto, se compactan fácilmente al presionarlas con las manos, no se corren, y polvorean fácilmente (Fernández, 2015).

Fernández (2015) menciona las siguientes características que deben presentar la harina de trigo como insumo en la panificación, bollería y pastelería.

- El color ideal para una harina es un blanco regular. El trigo blando produce harinas más blancas; el color de la harina tendrá una gran influencia sobre el producto final.
- La fuerza de la harina pastelera se mide por la capacidad de retención de humedad, tiene que gelatinizar con mayores volúmenes de agua para poder soportar, grasas y otros ingredientes.
- El sabor de la harina puede ser percibido en el producto final. Las harinas de alta extracción tienen sabor a trigo. Un mal almacenamiento puede traer como consecuencia a la formación de mohos con olores fuertes que pueden ser arrastrados hasta el producto final.
- No es recomendable que las harinas se endurezcan por periodos prolongados, estas deben tolerar las variaciones de mezclado, sin desmerecer el grano, textura, volumen y suavidad.

2.3.2. Huevo

El huevo es un ingrediente imprescindible en la pastelería, especialmente en las masas fermentadas y batidas. Para las masas batidas como para el bizcochuelo, el huevo es fundamental para obtener una buena miga, dar mayor emulsión y aumentar el volumen, obtener una textura más esponjosa, además, de permitir que se conserven más blandas durante mayor tiempo (Velásquez, 2013).

La comprobación de la calidad del huevo se puede realizar de varias formas: sumergiéndolo en una solución de agua al 10% de sal. Cuando el huevo es fresco del día, se hunde hasta el fondo. A los dos o tres días flotará en el medio del recipiente. Transcurridos 15 días flotará en la superficie del agua. Otra manera es rompiendo un huevo sobre una superficie plana se puede apreciar cuando un huevo es fresco, porque la clara no se extiende y la yema es abombada. Cuando se trata de un huevo no reciente o envejecido, la clara se extiende, es más líquida y la yema más plana (Fernández, 2015).

2.3.3. Azúcar

Con el nombre específico de azúcar (sacarosa), se designa exclusivamente el producto obtenido industrialmente de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L.), o de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Novo y otros, 2012).

La pastelería se caracteriza por su sabor dulce, que proviene mayormente de los azúcares, glúcidos y edulcorantes. Estas sustancias conceden ternura y fineza a las masas, dan color a las cortezas, y actúan como agentes de cremado en los batidos donde intervienen grasas y huevos. Prolongan la duración de los productos horneados, ya que retienen la humedad (Fernández, 2015).

2.3.4. Grasas

Las grasas son fundamentales en las masas. Como grasas en pastelería se distinguen: mantequilla, margarina, manteca animal, manteca vegetal (grasa hidrogenada) y aceites. Además de sabor, suavizan y dan volumen a la masa. La mantequilla o grasa de la leche es la mejor grasa que se usa en la panadería y pastelería, proporcionando una sabor exquisito; mientras que las grasas sólidas, como la margarina añaden

aire a la masa cuando se baten con el azúcar y esto hace que los pasteles adquieran consistencia y eleven mejor (Velásquez, 2013).

La margarina está compuesta de grasa, agua y saborizantes y se emplea para sustituir la mantequilla debido a los resultados similares que le permiten cremar mejor y las margarinas con al menos 80% de contenido de grasas son las mejores (Fernández, 2015).

2.3.5. Leche

Es el líquido producido por las vacas, secretado por las glándulas mamarias durante el periodo de lactación. Es un líquido blanco, opaco, de composición compleja (Novo y otros, 2012).

La leche mejora el valor nutritivo y el sabor de los productos de pastelería, pues todos los componentes de la leche tienen influencia en la masa y productos terminados se utiliza principalmente en la elaboración de masas de levadura (bizcochos), también para helados, cremas, etc. En los productos de pastelería mejora su gusto produciendo una corteza más dorada y crujiente. El producto fresco, se mantiene más tiempo (Fernández, 2015).

2.3.6. Sal

Es el producto cristalino constituido fundamentalmente por cloruro sódico en condiciones que le hacen apto para uso alimentario y que se conoce con el nombre de sal comestible o simplemente sal. Como principal acción en el producto, potencializa y resalta el sabor del azúcar (Novo y otros, 2012).

2.3.7. Agente químico leudante

Fernández (2015) menciona que los agentes leudantes químicos (bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio y polvo de hornear) actúan

en presencia de líquidos y de altas temperaturas. Algunos reaccionan por la sola hidratación (con agua, jugos de fruta o leche); en estos casos, las masas deben hornearse en cuanto se terminan de confeccionar. Otros en cambio, comienzan a desarrollar su poder leudante cuando entran en el horno, pues poseen componentes que se activan con el calor. El polvo para hornear, también se conoce como polvo leudante/levadura química. Es una mezcla de bicarbonato de sodio más un ácido (tartárico) con el que reacciona. Para una mejor distribución se tamiza junto con la harina. La dosis promedio es del 3% del peso de harina. Esta proporción puede variar ya que una masa para tarta lleva una dosis mínima y un budín cargado de frutas requiere mucho más.

2.4. Subproductos agroindustriales

2.4.1. Generalidades

El desarrollo de nuevos productos con gran contenido de fibra dietética es una zona estratégica para la industria alimentaria. Los consumidores exigen alimentos que muestren dos propiedades principales: la primera se refiere a los tradicionales aspectos nutricionales de los alimentos, mientras que, como segunda característica, se esperan beneficios adicionales para la salud de su ingestión regular. Los alimentos que cumplen con estos requisitos son a menudo llamados alimentos funcionales o nutraceuticos (Romero y otros, 2010).

En un mundo que cambia rápidamente, con la alteración de los hábitos alimenticios y estilos de vida estresantes, es cada vez más reconocido que un sistema digestivo saludable es esencial para la calidad de vida global, la fibra dietética juega un papel importante en la reducción de los riesgos de muchos trastornos como el estreñimiento intestinal, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y la obesidad, además, puede reducir la secreción de insulina por la reducción de la velocidad de absorción de nutrientes después de una comida, una propiedad que

está particularmente asociada a la fracción soluble de la fibra. Experimentalmente, tiende a aumentar la sensibilidad a la insulina y el peso corporal disminuye en las dietas con alto contenido de fibra (Romero y otros, 2010).

Hace pocos años, los subproductos generados durante el procesamiento de alimentos constituyen un problema económico y medioambiental, hoy son considerados una prometedora fuente de compuestos funcionales. Son muchos los frutos, por ejemplo, naranja, manzana y melocotón, que son utilizados para la extracción de sus jugos. Todos ellos contienen un producto a partir de la cual se pueden recuperar diferentes compuestos de alto valor añadido; entre ellos, es notable la fracción de fibra dietética que tiene un gran potencial en la elaboración de alimentos funcionales. También hay varios vegetales, tales como zanahorias, papas, arvejas, pimiento, cebolla, alcachofa y espárragos que originan residuos durante su procesamiento y contienen fibra soluble e insoluble de los compuestos que se pueden utilizar para diseñar nuevos "alimentos funcionales". Subproductos de cítricos como naranja y limón, son abundantes y baratos, también constituyen una fuente importante de fibra, ya que son muy ricos en pectinas. Otras frutas como uvas, manzanas, plátanos, mangos, guayaba, etc., que son principalmente comercializados en forma procesada, originan grandes cantidades de subproductos consistentes en las cáscaras, huesos y semillas. Este material puede ser un factor restrictivo para la comercialización de estos productos, si no es recuperado útilmente, porque representa pérdidas significativas con respecto a la materia prima, lo que aumenta considerablemente el precio de los productos transformados (Sharoba y Farrag, 2013).

En cuanto a sabor, color y olor, la fibra tiene una composición equilibrada y una adecuada cantidad de compuestos bioactivos asociados; tienen

una buena vida útil; es compatible con el procesamiento de alimentos; tiene los esperados efectos fisiológicos. Cuando las fibras vegetales se añaden a un producto alimenticio, contribuyen a las propiedades de retención de agua y la viscosidad del producto. La fibra dietética de los cereales se utiliza con más frecuencia que el de las frutas; sin embargo, la fibra de la fruta tiene mejor calidad debido al mayor contenido de fracción soluble y total, la capacidad de retención de agua y aceite, así como, un menor contenido calórico. Por lo tanto, se hace necesario desarrollar procesos para la obtención de fibras de fruta que minimicen las pérdidas de compuestos bioactivos asociados que pueden tener mayores efectos de promoción de la salud de la fibra dietética en sí (Sharoba y Farrag, 2013).

La fibra dietética no sólo es deseable por sus propiedades nutritivas, sino también por sus propiedades tecnológicas y funcionales, y porque de esas también se pueden utilizar para actualizar los productos agrícolas y de productos para uso como ingredientes alimentarios. La industria del zumo de fruta produce cantidades significativas de subproductos que pueden causar problemas en su eliminación. Generalmente, estos productos son utilizados en la alimentación animal. Sin embargo, su gran cantidad de fibra dietética podría permitir el uso de ellos en el desarrollo de nuevos ingredientes naturales para la industria alimentaria. La demanda de un único ingrediente fibra continuará. Con un mercado bien establecido para la fibra dietética es bastante evidente que un nuevo ingrediente, especialmente uno que podría estar vinculado a la posibilidad de obtener sus necesidades nutricionales mediante prácticas dietéticas normales, sería muy bien recibido (Madrigal y otros, 2015).

2.4.2. Subproductos cítricos en panificación y pastelería

La elaboración de zumos representa casi la mitad del consumo total de la fruta cítrica, con una tendencia al aumento en coherencia con el

cambio de los hábitos de consumo hacia productos con un mayor nivel de transformación. Esto, supone la acumulación de grandes cantidades de cortezas (50% del peso del fruto) con el consiguiente problema medio ambiental que generan estos excedentes, y que en el caso de la corteza han tenido tradicionalmente un aprovechamiento industrial de escasa rentabilidad. La corteza tiene una interesante composición nutricional e incluso aplicaciones en la industria farmacéutica por sus propiedades funcionales, y además como enriquecedores en productos de panificación y repostería. Entre estos componentes funcionales cabe destacar los flavonoides de aplicación en la industria farmacéutica por su actividad biológica (acción preventiva de la fragilidad capilar); la pectina, que forma parte de la fibra dietética natural, de gran importancia en la dieta diaria para el adecuado funcionamiento del organismo; los carotenoides (colorantes naturales y provitamina A) y el d-limoneno, ambos con un importante papel preventivo en determinados tipos de cáncer. También se ha comprobado que las características sensoriales de la fibra dietética de los cítricos no afectan en alto grado las propiedades del producto donde se apliquen (Sharoba y Farrag, 2013).

La deshidratación de alimentos proviene de una de las formas más antiguas de procesarlos, la cual consiste en eliminar la humedad para que no se malogren y permite alargar la vida útil de las frutas ayudando a conservar el producto para llevarlo a mercados más distantes. Esta técnica de deshidratación surgió hace dos siglos en España e Italia. El producto final, tiene la apariencia de cáscara sólida, seca y libre de partículas o productos ajenos (Guerrero y otros, 2012).

La cáscara deshidratada de limón se usa como materia prima para la extracción de pectinas, el cual se usa como gelificante y es requerida por la industria de producción de aditivos (Madrigal y otros, 2015).

2.4.3. Harinas sucedáneas y polvos de subproductos agroindustriales

Pérez (2006) menciona que las harinas sucedáneas son aquellas obtenidas como resultado de la molienda de cereales, tubérculos, raíces, leguminosas y otras que reúnan características apropiadas para ser utilizadas en el consumo humano. La designación de "harina" es exclusiva del proceso obtenido de la molienda de trigo. La denominación que cada harina sucedánea se formará añadiendo al término harina el nombre de la materia prima que se trate. Las harinas sucedáneas deberán estar libres de toda sustancia o cuerpo tóxico extraño a su naturaleza excepto los aditivos debidamente autorizados. Las harinas no deberán proceder de materias primas en mal estado de conservación.

El conocimiento científico del papel beneficioso de los diversos ingredientes de alimentos (nutrientes) para la prevención y tratamiento de enfermedades específicas se acumulan rápidamente, la obtención de polvos o concentrados de fibra dietética provenientes de subproductos de frutas y hortalizas es considerable debido a la presencia de compuestos bioactivos como: los polifenoles, flavonoides, carotenoides, etc., que presentan una marcada actividad antioxidante y propiedades anticarcinogénicas y antimutagénicas. Se obtienen mediante procesos tecnológicos como los indicados por Larrauri, (1999).

- **Reducción de partículas.** Un tamaño adecuado de partícula en la materia prima fresca facilita las etapas de lavado y secado. Por otro lado, el tamaño de partículas no facilita la eliminación de componentes no deseados (tales como azúcares) durante el lavado y, debido a esto, un tiempo de secado mayor también será necesario. Diferentes tamaños de partícula en la molienda se han utilizado (0.6 a 2.0 cm), lo que podría

variar en relación con los procedimientos desarrollados y del tipo de muestras a trabajar.

- **Lavado.** La eliminación selectiva de los compuestos indeseables asociados a la fibra dietética, y de potenciales microorganismos patógenos, son los principales objetivos de esta operación. La pérdida de componentes de fibra soluble como la pectina puede ocurrir. La remoción de azúcares de la materia prima contribuye al secado, y se reduce el color oscuro en el producto. También se obtiene un menor valor calórico y solubilización de componentes de fibra dietética insoluble
- **Deshidratado.** La eliminación de agua de lavado es necesario antes del secado por medio de prensado, pulpeado u otros procesos. El secado es el principal paso y más caro en la producción de polvos de fibra dietética. Este incrementa la vida útil del producto sin la adición de ningún conservante químico y reduce los costos tanto del tamaño de envase y transporte. Criterios que se debe tener en cuenta para escoger el método de secado son las propiedades físicas y químicas de los productos, la conservación de la energía, optimización del espacio, reducción de la contaminación del aire y rendimiento aceptable de costo de capital. El secador de doble tambor es el método más favorable, teniendo en cuenta tanto el capital y costos de operación. Sin embargo, la calidad del producto es cuestionable porque la aglomeración o el oscurecimiento excesivo del producto pueden tener lugar.
- **Molienda.** La mayoría de fibras se muelen para mejorar la aceptabilidad en los productos alimenticios finales y las fracciones obtenidas pueden tener una composición química diferente, dependiendo del origen del material y la estructura de la pared celular. La molienda puede afectar las características de hidratación de las fibras, así como, la textura,

aparición y la calidad del alimento al que se añaden, dependiendo de su composición química y estructura física.

- **Tamizado.** Esta operación se realiza para uniformizar el tamaño de partículas.

2.5. Fibra dietética

Consiste en una variedad de polisacáridos que incluyen la celulosa, hemicelulosa, pectina, β -glucanos, gomas y lignina. Estos compuestos son resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas y se encuentran principalmente en tejidos parenquimatosos. En las frutas, las paredes celulares constituyen la mayor parte de fibra dietaria, la cual en función a su solubilidad se clasifica en fibra dietaria soluble (FDS) y fibra dietaria insoluble (FDI). La FDS incluye pectinas, β -glucanos, arabinosilanos, galactomananos, así como, otros polisacáridos y oligosacáridos indigeribles. Por otra parte, la FDI está compuesta por polisacáridos como la celulosa y otros compuestos como lignina y cutina (Gonzales y otros, 2011).

En el boletín de Alimentación Sana (2015) se menciona que la fibra se puede clasificar por su composición en:

- **Fibra verdadera o vegetal.** Está integrada por los componentes de la pared celular de las plantas, como son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina.
- **Fibra dietética total.** Incluye a la totalidad de todos los compuestos, fibrosos o no, que no son digeribles por las enzimas del intestino humano.
- **Fibra bruta o cruda.** Es el residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento en caliente con ácidos y bases fuertes. Constituye el 20-50% de la fibra dietética total. Es un concepto más químico que biológico.

En el Cuadro 3, se presenta el contenido de fibra dietética de residuos agroindustriales.

Cuadro 3. Contenido de fibra dietética de residuos agroindustriales

| Residuos agroindustrial | Fibra dietética total (FDT) (%) | Fibra dietética soluble (FDS) (%) | Fibra dietética insoluble (FDI) (%) |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Cáscara de mango | 14.45 | 1.17 | 13.28 |
| Cáscara de naranja | 9.58 | 2.13 | 7.45 |
| Polvo de cáscara de mango | 59.24 | 3.11 | 56.13 |
| Polvo de cáscara de naranja | 49.8 | 2.13 | 47.67 |
| Polvo de cáscara de piña | 65 | 19.5 | 45.5 |
| Cáscara de plátano | 38.7 | 30.5 | 8.3 |
| Salvado de arroz | 27.04 | | |
| Cáscara de limón | 65.42 | | |

Fuente: Alarcón y otros (2013).

2.6. Compuestos fenólicos

Son metabolitos secundarios de las plantas que, por lo general, participan en la defensa contra la radiación ultravioleta o daños fisiológicos por patógenos. Entre los principales grupos se encuentran los flavonoides y ácidos fenólicos. Una de sus principales propiedades es su potencial antioxidante, se puede considerar como la actividad biológica responsable de inhibir la oxidación de biomoléculas importantes promoviendo un efecto preventivo sobre determinadas enfermedades; parece estar relacionada con su capacidad quelante, inhibición de la lipoxigenasa y captura de radicales libres (Gonzales y otros, 2011).

Los flavonoides están presentes principalmente en la cáscara y afrecho de frutas y verduras, se considera que los flavonoides mayoritarios son hesperidina (aprox. 10%) y naringina (aprox. 80 %). Por otra parte, la cantidad de polifenoles obtenidos en cáscaras de otros cítricos es muy variable. En la cáscara del limón (1.9 mg/g), naranja (1.79 mg/g) y pomelo (1.55 mg/g). Sin embargo, en otras investigaciones se obtienen contenidos fenólicos diferentes dependiendo la variedad del fruto. Por ejemplo, la naranja agria (7.85 mg/g), lima (8.11 mg/g) y la naranja valencia (2.5 mg/g), varían considerablemente. Lo mismo sucede con el limón mexicano (5.73 mg/g) y limón (3.58 mg/g) (Pérez y otros, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales se realizaron en la Planta Piloto de Industrias Alimentarias y los análisis en el Laboratorio de Tecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.2. Materiales, insumos y reactivos

Materia prima

- Harina de trigo súper especial. Marca Cogorno.
- Residuo de cáscara de limón sutil en polvo, que se obtuvo a partir de residuos del procesamiento de extracción de aceite esencial de la empresa Limones Piuranos S.A.C. en Sullana, provincia de Piura, Perú.

Insumos

- Azúcar refinada. Marca Cartavio S.A.C.
- Agua potable
- Huevos. Marca Doña Clarita
- Leche evaporada entera. Marca Gloria
- Mantequilla. Marca Gloria
- Polvo de hornear. Marca Royal
- Sal yodada. Marca Emsal

Reactivos

- Ácido sulfúrico al 1.25%
- Hidróxido de sodio
- Ácido clorhídrico
- Folin-Ciocalteu. Marca Merck
- Metanol 100%

3.3. Equipos

- Horno a convección rotativo. Marca Nova. Modelo Max 750
- Estufa de convección de aire. Marca Venticel
- Amasadora – Sobadora. Marca Nova, modelo K25. Capacidad 40 kg
- Molino de martillos de acero inoxidable, modelo F180
- Tamiz N° 150. Marca Tyler

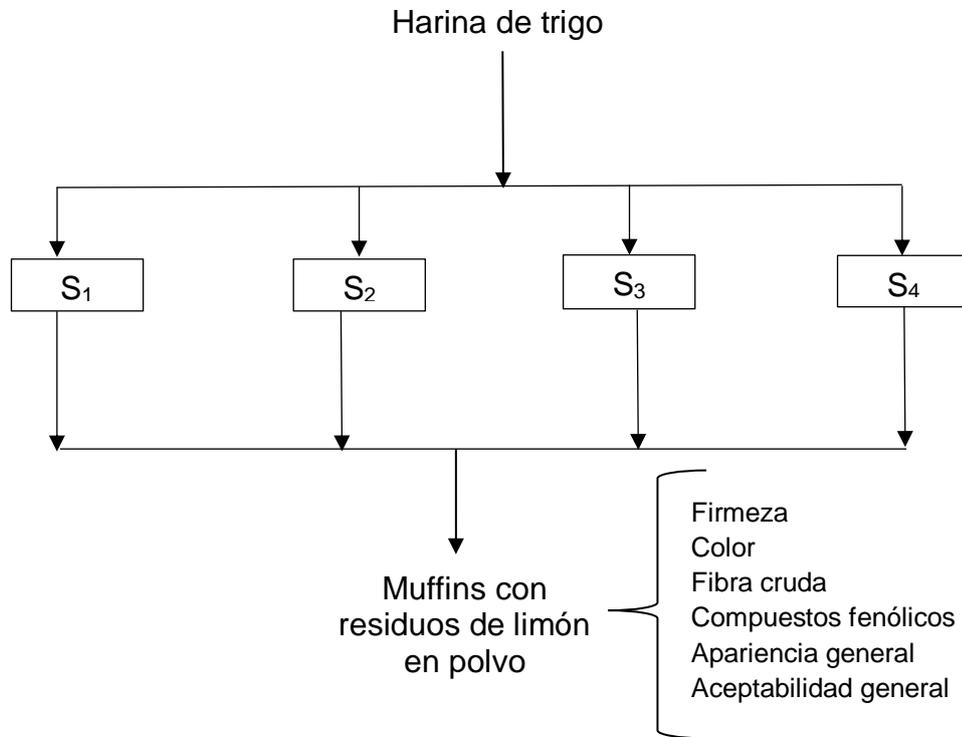
3.4. Instrumentos

- Balanza analítica. Marca A&D Company. Sensibilidad 0.0001 g. Capacidad: 210 g
- Balanza comercial. Marca Moba. Modelo Map22. Capacidad 120 kg
- Colorímetro Minolta. Modelo CR - 400
- Termómetro digital. Marca Multidigital. Rango de 50 a 200 °C. Precisión ± 0.01 °C
- Texturómetro Universal Instron. Celda de 50N, Modelo 3342

3.5. Metodología

3.5.1 Esquema experimental

La Figura 1 muestra el esquema experimental para la evaluación de los muffins elaborados con residuos de limón en polvo, donde la variable independiente fue el porcentaje de sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo (5, 10 y 15%) y como variables dependientes: firmeza, color, fibra cruda y compuestos fenólicos y apariencia y aceptabilidad general.



Donde:

S₁: 0% de sustitución de harina con residuos de limón en polvo

S₂: 5% de sustitución de harina con residuos de limón en polvo

S₃: 10% de sustitución de harina con residuos de limón en polvo

S₄: 15% de sustitución de harina con residuos de limón en polvo

Figura 1. Esquema experimental para la evaluación de muffins con residuos de limón en polvo

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo para la obtención de polvo de residuos de limón.

A continuación se describe cada operación para la obtención de residuos de limón en polvo (Arteaga, 2016).

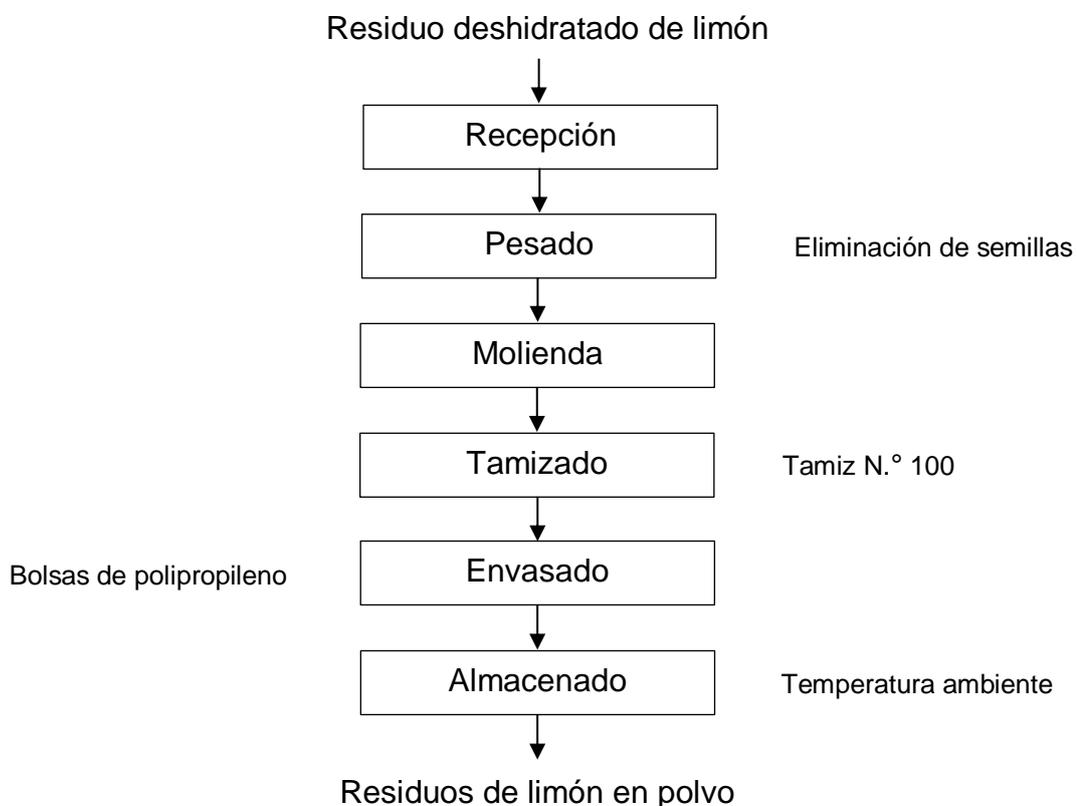


Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de residuos de limón en polvo

Recepción. Los residuos deshidratados de limón fueron recibidos en bandejas de acero inoxidable.

Pesado. Se pesó 500 g de residuos deshidratados a los cuales se retiraron las semillas para evitar el sabor amargo característico.

Molienda. Los residuos pasaron por el molino de martillos con el objetivo de reducir el tamaño.

Tamizado. El polvo obtenido de los residuos del limón fue tamizado con una malla Tyler N.º 100 (150 μ m) para homogeneizar el tamaño de partícula (Anexo 4, Figura A).

Envasado. Los residuos del limón en polvo fueron envasados en bolsas de polipropileno, en cantidades de 150 g.

Almacenado. Las bolsas llenas se almacenaron a temperatura ambiente para su posterior elaboración de muffins.

3.5.3. Formulación de muffins

En el Cuadro 4, se aprecia la formulación para la elaboración de muffins, a partir de la cual se realizaron las sustituciones con residuos de limón en polvo (Ramírez y otros, 2015).

Cuadro 4. Formulación para la elaboración de muffins

| Ingredientes (%) | Cantidad | | | |
|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| | Sustitución 0% | Sustitución 5% | Sustitución 10% | Sustitución 15% |
| Harina de trigo | 26 | 24.7 | 23.4 | 22.1 |
| Cáscara de limón en polvo | 0 | 1.3 | 2.6 | 3.9 |
| Azúcar | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Polvo de hornear | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Mantequilla | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Leche fresca entera | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 |
| Yema de huevo | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5 |
| Clara de huevo | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Sal | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

3.5.4. Procedimiento experimental para la elaboración del muffins con residuos de limón en polvo

En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo para la elaboración de muffins con residuos de limón en polvo.

A continuación se describe cada operación para la elaboración del muffins con residuos de limón en polvo.

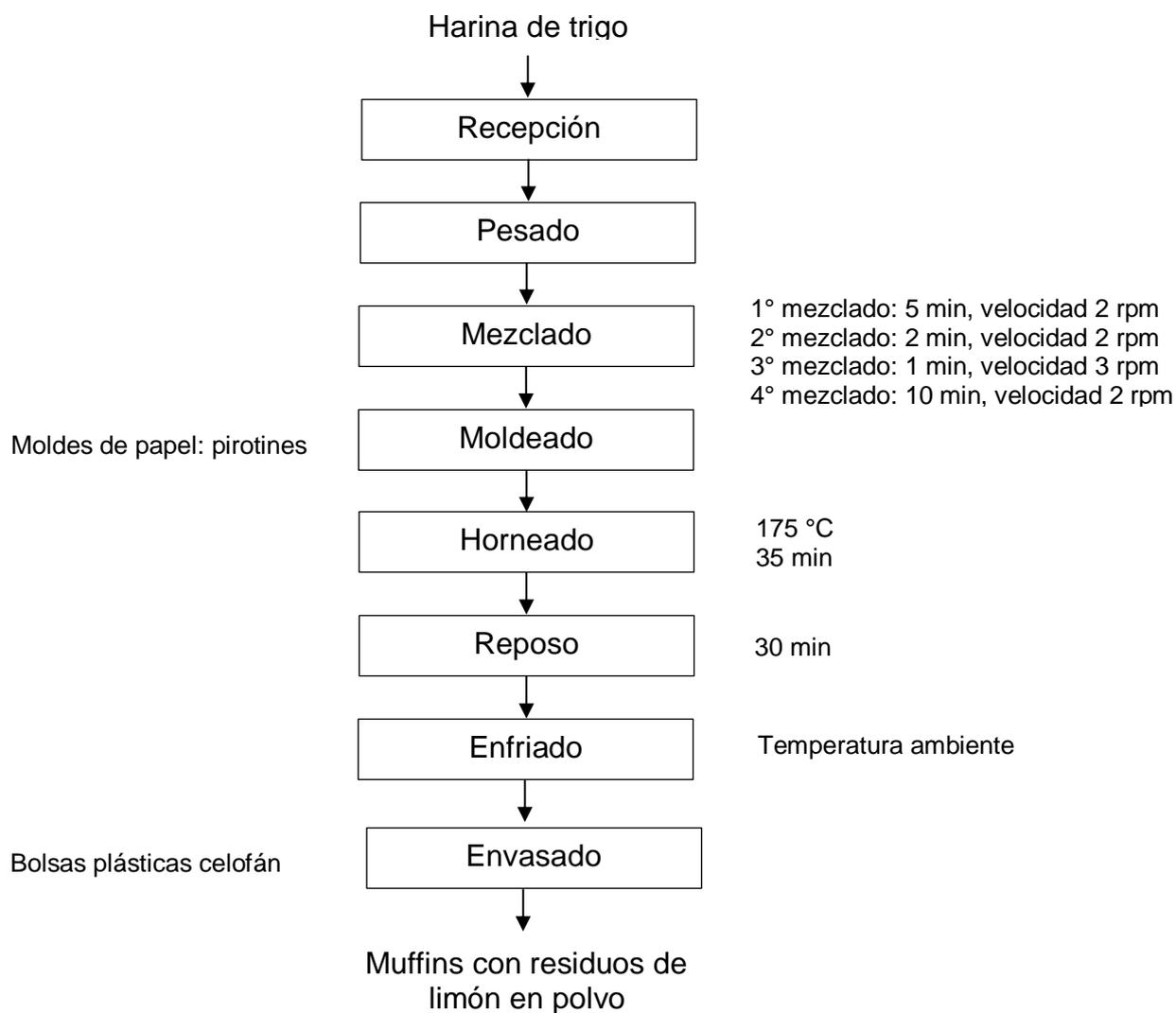


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de muffins con residuos de limón en polvo

Recepción. Los ingredientes fueron recibidos, verificándose su frescura y fecha de vencimiento.

Pesado. Se pesaron los ingredientes de acuerdo con la formulación teniendo en cuenta los niveles de sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo (5, 10 y 15%), cada grupo de ingredientes fue pesado en una balanza semi-analítica y codificado para su posterior mezclado (Anexo 4, Figura B).

Mezclado. Se mezcló en primer lugar las claras de huevo y el azúcar durante 5 min a 115 rpm. Seguidamente se añadieron la yema de huevo y la leche fresca, para continuar la operación durante 2 min a 115 rpm. Luego se fue adicionando la harina de trigo, los residuos de limón en polvo y el polvo de hornear para ser mezclados a 308 rpm durante 1 min. Finalmente se añadió la mantequilla y se mezcló por 10 min.

Moldeado. Se colocaron 35 g en moldes de papel (40 mm de diámetro y 35 mm de altura). A su vez los moldes de papel fueron colocados dentro de los moldes metálicos (Anexo 4, Figura C).

Horneado. Los moldes se colocaron en un horno convencional rotativo durante 35 min a 175 °C (Anexo 4, Figura D).

Reposo. En esta etapa los muffins, una vez horneados se dejaron reposar por 30 min hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Enfriado. Los muffins fueron puestos a temperatura ambiente para el enfriado para su posterior envasado.

Envasado. Se realizó de manera individual en bolsas plásticas celofán, para su posterior análisis.

3.6. Métodos de análisis

3.6.1. Firmeza

La firmeza se determinó de manera instrumental, utilizando un Texturómetro Instron, con el software Bluehill Lite; con él se midió la resistencia a la penetración (N) (Anexo 4, Figura J). Los muffins fueron cortados horizontalmente a la altura de la copa, desechándose esta y se evaluó hasta 1.5 cm de la parte inferior. La prueba se realizó con una cruceta de 79 mm de diámetro de extremo plano cilíndrico y la compresión a 50% de la altura inicial a una velocidad de 1 mm/s (Matos, 2013), con modificaciones del autor.

3.6.2. Color

Se determinó utilizando el colorímetro Kónica-Minolta, modelo CR-400 (Anexo 4, Figura I), midiéndose los valores de L* (luminosidad) en el rango de 0 (negro) y 100 (blanco); valores de a* (de rojizo a verduzco) y valores de b* (de amarillento a azulado). El equipo fue calentado durante 10 min y calibrado con un blanco estándar (Romero y otros, 2014).

3.6.3. Fibra cruda

Se empleó el método por hidrolisis ácida y alcalina (AOAC, 1997), de acuerdo al siguiente procedimiento:

Se pesó 2 g de muestra y se colocó en un vaso de precipitado, luego se añadió 200 mL de H₂SO₄ (1.25%) y se calentó a ebullición durante 30 min, moviendo constantemente. El producto obtenido se filtró y se lavó con agua destilada caliente, la filtración se realizó en menos de 10 min. Posteriormente la muestra se transfirió a un matraz con 200 mL de NaOH (1.25%), para ser llevado a ebullición por 30 min. Al producto obtenido se filtró y lavó con agua destilada caliente. Los residuos fueron llevados a la estufa a secar a 130 °C por 2 h. Transcurrido el tiempo establecido se enfrió y pesó. Una vez secos los residuos, fueron colocados en la mufla a 500-600 °C por 3 h. Se dejó enfriar y se pesó. La determinación de la cantidad de fibra cruda se realizó por diferencia de pesos, como muestra la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Fibra cruda} = (P_s - P_c) / M$$

Donde:

P_s: peso (g) del residuo seco a 130 °C

P_c: peso (g) de las cenizas

M: peso (g) de la muestra

3.6.4. Compuestos fenólicos

Se utilizó 5 g de muestra que fue homogenizado en 20 mL de etanol acuoso al 80% durante 2 h a temperatura ambiente, y luego centrifugados a 4200 rpm por 15 min; el sobrenadante fue evaporado en una estufa a 60 °C. Los residuos fueron disueltos en 5 mL de agua destilada; 100 µL del cual fue diluido con 3 mL de agua destilada y; luego se adicionó 0.5 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu. Después de 3 min, se adicionó 2 mL de solución de carbonato de sodio al 20% (p/v) y el material resultante fue mezclado vigorosamente. La absorbancia del color desarrollado después de 1 h fue medida en un espectrofotómetro de luz visible a 650 nm, usando ácido gálico como estándar, los resultados fueron expresados como mg ácido gálico/100 g de peso fresco (Vasanthi y otros, 2008).

3.6.5. Apariencia general

Para esta prueba, los muffins de cada tratamiento se presentaron enteros en un envase plástico transparente para evaluar la apariencia de manera visual (Anexo 4, Figura E, F, G y H), con la ficha que se muestra en la Figura 4; la cual está estructurada con una escala hedónica de 9 puntos, donde 9: me gusta muchísimo, 8: me gusta mucho, 7: me gusta bastante, 6: me gusta ligeramente, 5: ni me gusta ni me disgusta, 4: me disgusta ligeramente, 3: me disgusta bastante, 2: me disgusta mucho y 1: me disgusta muchísimo. Se trabajó con 30 panelistas no entrenados (Al-sayed y Ahmed, 2013). En la Figura 4, se muestra la cartilla para la evaluación de apariencia general del muffins con residuos de limón en polvo.

3.6.6. Aceptabilidad general

La aceptabilidad general se evaluó por medio de una escala hedónica de 9 puntos en cada muestra. Los panelistas degustaron las muestras

(mitades de muffins), y se utilizó agua como neutralizante, para medir el grado de aceptación. Se contó con 30 panelistas no entrenados (Alsayed y Ahmed, 2013). En la Figura 5, se muestra la cartilla para la evaluación de aceptabilidad general del muffins con residuos de limón en polvo.

| Prueba de apariencia general de muffins con residuos de limón en polvo | | | | |
|--|----------|-----|-----|-----|
| Nombre.....Fecha..... | | | | |
| Instrucciones: Observe el muffins que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que le produzca. | | | | |
| ESCALA | MUESTRAS | | | |
| | 156 | 843 | 187 | 126 |
| Me agrada muchísimo | | | | |
| Me agrada mucho | | | | |
| Me agrada moderadamente | | | | |
| Me agrada poco | | | | |
| No me agrada ni me desagrada | | | | |
| Me desagrada poco | | | | |
| Me desagrada moderadamente | | | | |
| Me desagrada mucho | | | | |
| Me desagrada muchísimo | | | | |
| Comentarios..... | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Figura 4. Ficha de evaluación para la prueba de apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo

**Prueba de aceptabilidad general de muffins
con residuos de limón en polvo**

Nombre.....Fecha.....

Instrucciones: Pruebe el muffins que se le ha proporcionado y califique según la escala que se presenta, marcando con una (X) en el casillero correspondiente de acuerdo al nivel de agrado o desagrado que le produzca.

| ESCALA | MUESTRAS | | | |
|------------------------------|----------|-----|-----|-----|
| | 234 | 567 | 432 | 128 |
| Me agrada muchísimo | | | | |
| Me agrada mucho | | | | |
| Me agrada moderadamente | | | | |
| Me agrada poco | | | | |
| No me agrada ni me desagrada | | | | |
| Me desagrada poco | | | | |
| Me desagrada moderadamente | | | | |
| Me desagrada mucho | | | | |
| Me desagrada muchísimo | | | | |

Comentarios.....
.....
.....

**Figura 5. Ficha de evaluación para la prueba de aceptabilidad
general en muffins con residuos de limón en polvo**

3.6.7. Métodos estadísticos

El diseño estadístico correspondió a un diseño unifactorial con cuatro repeticiones. Para la evaluación de los datos de las variables: firmeza, color, fibra cruda y compuestos fenólicos de los muffins con residuos de limón en polvo se aplicó la prueba de Levene, seguido del análisis de varianza (ANVA) y, posteriormente, la prueba de comparaciones múltiples de Duncan. Para la evaluación de apariencia y aceptabilidad general se aplicaron las pruebas de Friedman y Wilcoxon. Todas las pruebas se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software especializado Statistical Package for the Social Science (SPSS) versión 20.0

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la firmeza en muffins

En la Figura 6, se muestra la firmeza (N) en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en muffins. Se observa que a medida que aumentó la sustitución incrementó firmeza. Los resultados de las muestras oscilaron entre 0.94 y 1.59 N. La muestra control obtuvo la menor firmeza con 0.94 N. En el Anexo 1, se encuentran los resultados completos de la variable.

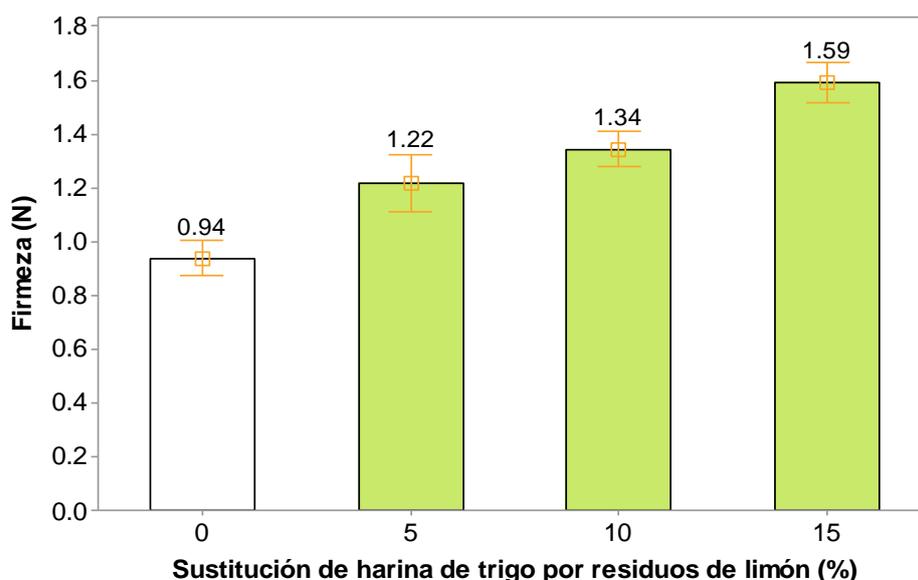


Figura 6. Firmeza en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Arteaga (2016) estudió la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva (*Vitis vinífera*) en polvo en cantidades de 0, 10, 20 y 30%, reportando valores de firmeza desde 0.58 hasta 1.23 N, los cuales guardan relación con los resultados obtenidos en esta investigación. Estos resultados pueden deberse a la composición de la cáscara de la uva, ya que es gran parte

compuesta de agua, mientras que en las cáscaras de limón, tiene una estructura rígida y gruesa.

Resultados similares fueron reportados por Ayadi y otros (2009), quienes estudiaron el efecto de la adición de dos tipos harina de paleta de cactus en cantidades de 0, 5, 10, 15 y 20% en la elaboración de tortas, indicando que la firmeza varió entre 0.945 y 2.026 N.

La harina de trigo es el principal ingrediente de los productos de bollería y pastelería, es el que proporciona las características de textura, estructura y sabor gracias a las proteínas y el almidón que contiene. Esta estructura repercute en la firmeza del producto horneado obteniéndose una miga relativamente blanda, elástica y esponjosa. Además, el almidón también interviene manteniendo la viscosidad adecuada en la masa. Los cambios estructurales que ocurren en la masa durante el horneado son factores determinantes en la formación y evolución de las burbujas, en la estructura y textura del producto final (Martínez, 2013).

En masas cocidas de los productos de panificación y pastelería, el aumento de la fuerza de compresión o firmeza se debe a un incremento de sólidos en la masa, debido principalmente a la fibra dietética presente (Hoyos y Palacios, 2015).

En el Cuadro 5, se presenta la prueba de Levene modificada aplicada a la firmeza de los muffins con residuos de limón en polvo, la cual determinó la existencia de homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) para la firmeza. Consecuentemente, se procedió a realizar el análisis de varianzas y posteriormente, la prueba de Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

Cuadro 5. Prueba de Levene modificada de la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|-------------|-----------------------|------|
| Firmeza (N) | 0.920 | 0.46 |

En el Cuadro 6, se muestra el análisis de varianza para la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|-------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------|-------|
| Firmeza (N) | Sustitución | 0.888 | 3 | 0.296 | 119.566 | 0.000 |
| | Error | 0.030 | 12 | 0.002 | | |
| | Total | 0.918 | 15 | | | |

El análisis de varianza indica que la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la firmeza.

Arteaga (2016) reportó efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo sobre la firmeza de muffins.

Ayadi y otros (2009) reportaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la adición de harina de cladodios de cactus (*Opuntia ficus indica* Amylocea y *Opuntia ficus indica* Inermis) sobre la firmeza en tortas.

Se realizó la determinación de firmeza a una muestra comercial de muffins con harina integral, ajonjolí e higos secos ubicado en el Café Restaurante de Comida Saludable “El Patio Rojo”, ubicado en el Jirón San Martín N° 873, dando como resultado 1.26 N.

En el Cuadro 7, se muestra la prueba Duncan para firmeza en muffins con residuos de limón en polvo, la cual indicó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 2 se observa a los muffins con sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5%, considerándose el mejor al contar con el valor más cercano a la muestra comercial.

Cuadro 7. Prueba de Duncan para la firmeza en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Subgrupo | | | |
|-----------------------|----------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 0.94 | | | |
| 5 | | 1.22 | | |
| 10 | | | 1.34 | |
| 15 | | | | 1.59 |

4.2. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre el color en muffins

En la Figura 7, se muestran los resultados de luminosidad (L^*) en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins. Se observa que con el aumento de la sustitución se produjo una disminución de la luminosidad, encontrándose los valores entre 48.91 y 42.59 L. La muestra control obtuvo la mayor luminosidad con 48.91 L. En el Anexo 1, se encuentran los resultados completos de la variable.

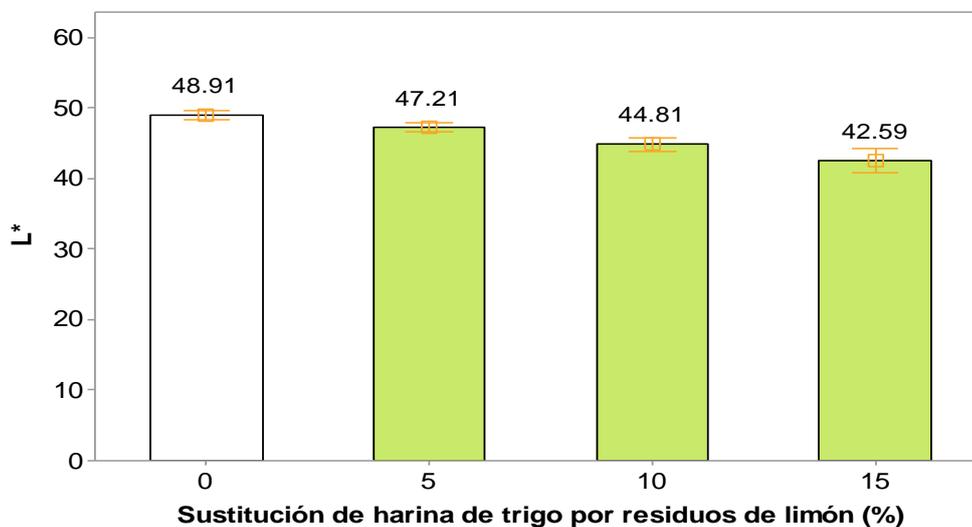


Figura 7. Luminosidad (*L) en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Arteaga (2016) determinó la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo (0, 10, 20 y 30%) en la elaboración de muffins, produjo una disminución de L^* , reportando valores de 75.34, 44.74, 40.09 y 36.86; respectivamente. Comparando la muestra control con los demás tratamientos, se denota una diferencia evidente. En comparación, a las sustituciones con residuos de limón en polvo donde los cambios fueron más ligeros afectando en menor grado la luminosidad obteniéndose productos similares al control.

Al-sayed y Ahmed (2013) evaluaron la sustitución de harina de trigo por polvos de corteza de la sandía y cáscara de melón (0, 2.5, 5.0 y 7.5%) en la elaboración de tortas, mostrando resultados de luminosidad (L^*) entre 73.32 - 67.54. Estas diferencias de resultados comparadas con los obtenidos en esta investigación pueden deberse a la temperatura y tiempo de horneado, así como, la formulación del producto.

Padrón y otros (2012) analizaron la sustitución de harina de trigo por harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton y *Rose*) integral e hidrolizada enzimáticamente 0, 10, 15 y 20%, en la elaboración de muffins; obteniendo como resultados de luminosidad de 56.43 hasta 41.77 L y 42.33 hasta 36.11 L, respectivamente. La muestra control obtuvo una luminosidad de 76.31 L.

Ayadi y otros (2009) estudiaron la adición de harina de paletas de Cactus (*Opuntia ficus indica Amylocea* y *Opuntia ficus indica Inermis*) (0, 5, 10, 15 y 20%) en la elaboración de tortas, reportando valores L^* entre 64.77 - 60.87, y 69.23 - 58.9; respectivamente.

En la Figura 8, se muestran los resultados de cromaticidad a^* en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins, donde se muestra una tendencia ligeramente decreciente de la variable con el incremento de la sustitución a excepción de la sustitución del 5% donde se observa un pequeño incremento.

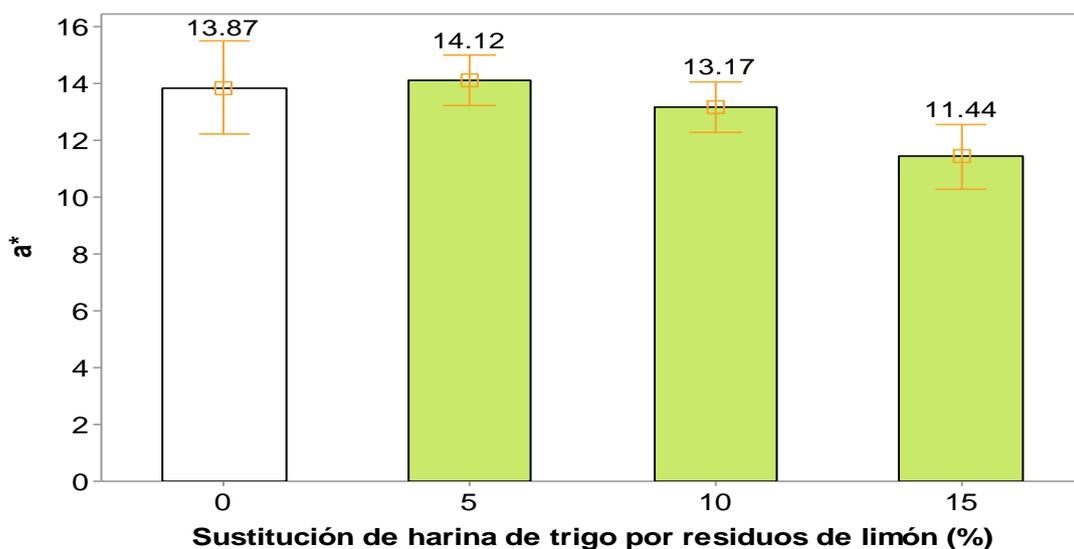


Figura 8. Cromaticidad a^* en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Padrón y otros (2012) evaluaron la sustitución de harina de trigo por harinas de paletas de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton y Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente (0, 10, 15 y 20%) en la elaboración de muffins, dando resultados de cromaticidad a^* de 13.41 hasta 7.54 y 14.22 hasta 9.68, respectivamente. La muestra control obtuvo una cromaticidad a^* de 7.21. Comparando con los tratamientos de esta investigación, los resultados coinciden bastante en valores como en comportamiento.

Comportamiento similar fue reportado por Ayadi y otros (2009) en la adición de harina de paletas de cactus (*Opuntia ficus indica* Amylocea y *Opuntia ficus indica* Inermis) (0, 5, 10, 15 y 20%) en la elaboración de tortas, mostrando resultados de 13.35 a 8.76 y 12.56 a 5.36; respectivamente. Se menciona que durante el horneado de las tortas, la miga no alcanza internamente los 100 °C, por tanto, las reacciones de Maillard o de caramelización no toman lugar; resultando el color de la miga del pastel o torta debido principalmente a la interacción de color entre los insumos utilizados.

En la Figura 9, se muestran los resultados de la cromaticidad b^* en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins, observándose un comportamiento decreciente con el aumento de la sustitución (disminución de la tonalidad amarillenta en la miga) con valores entre 30.75 y 16.36.

Padrón y otros (2012) evaluaron la sustitución de harina de trigo por harinas de paletas de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton y Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente (0, 10, 15 y 20%) en la elaboración de muffins, reportando que resultados de cromaticidad b^* fueron de 48.32 hasta 39.8 b^* y 40.11 hasta 32.74, respectivamente. La muestra control presentó una cromaticidad de 46.82; los valores son mayores a los obtenidos en esta investigación, pero con la misma tendencia, lo cual se puede atribuir a la diferente materia prima de sustitución empleada, así como, la formulación del muffins.

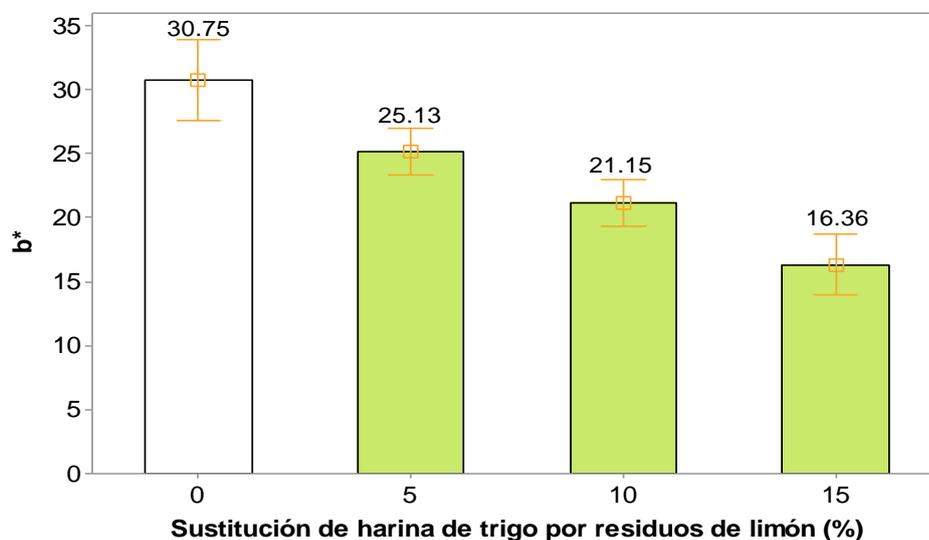


Figura 9. Cromaticidad b^* en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Arora y Camire (2011) estudiaron la sustitución por harina de trigo por harina de cáscara de papa extruida y sin extrusión (ambas al 25%) en la elaboración de muffins. Se consideró una muestra control. Los resultados de cromaticidad b^* fueron 15.64 para el control, 8.15 para harina de cáscara de papa sin extrusión y 6.50 para harina de cáscara de papa extruida. La diferencia en valores puede atribuirse a las características del subproducto de sustitución y metodología de elaboración del producto.

Ayadi y otros (2009) estudiaron la adición de harina de cladodios de cactus (0, 5, 10, 15 y 20%) para la elaboración de tortas, reportándose la misma tendencia a nuestra investigación con resultados de 33.07 a 30.08 y 34.76 a 32.24, respectivamente.

En el Cuadro 8, se presentan la prueba de Levene modificada para las características de color L^* , a^* y b^* en muffins con residuos de limón en polvo.

Cuadro 8. Prueba de Leven modificada para las características de color en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|----------|-----------------------|-------|
| L* | 2.330 | 0.126 |
| a* | 0.320 | 0.811 |
| b* | 0.500 | 0.689 |

La prueba de Levene modificada determinó homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) en las características de color L*, a* y b*. Seguidamente, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

En el Cuadro 9, se muestra el análisis de varianza para las características de color L*, a* y b* en muffins con residuos de limón en polvo, el cual muestra efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo en muffins.

Arteaga (2016) reportó efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo sobre las características del color (L*, a* y b*) en la elaboración de muffins.

Ayadi y otros (2009) determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la adición de dos tipos de harina de cladodios de cactus (*Opuntia ficus indica Amylocea* y *Opuntia ficus indica Inermis*) sobre las características del color (L*, a* y b*) en la elaboración de tortas.

Se realizó la determinación de características de color a una muestra comercial de muffins con harina integral, ajonjolí e higos secos ubicado en el Café Restaurante de Comida Saludable “El Patio Rojo”, ubicado en el Jirón San Martín N° 873, con resultados de L* 46.35, a* 12.68 y b* 22.11.

Cuadro 9. Análisis de varianza para las características de color en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|-----------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------|-------|
| L* | Sustitución | 91.494 | 3 | 30.498 | 62.129 | 0.000 |
| | Error | 5.891 | 12 | 0.491 | | |
| | Total | 97.384 | 15 | | | |
| a* | Sustitución | 17.579 | 3 | 5.860 | 10.521 | 0.001 |
| | Error | 6.684 | 12 | 0.557 | | |
| | Total | 24.263 | 15 | | | |
| b* | Sustitución | 446.958 | 3 | 148.986 | 66.789 | 0.000 |
| | Error | 26.768 | 12 | 2.231 | | |
| | Total | 473.726 | 15 | | | |

En el Cuadro 10, se muestra la prueba Duncan para firmeza en muffins con residuos de limón en polvo, la cual indicó que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 2 se observa a los muffins con sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5%, considerándose el mejor al contar con el valor más cercano a la muestra comercial.

En el Cuadro 11, se muestra la prueba Duncan aplicada a los valores de cromaticidad a^* en muffins con residuos de limón en polvo. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 2 se observa a los muffins con sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5 y 10%, considerándose los mejor al contar con el valor más cercano a la muestra comercial.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para la luminosidad en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Subgrupo | | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15 | 42.59 | | | |
| 10 | | 44.81 | | |
| 5 | | | 47.21 | |
| 0 | | | | 48.91 |

Cuadro 11. Prueba de Duncan para la cromaticidad a* en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Subgrupo | |
|-----------------------|----------|-------|
| | 1 | 2 |
| 15 | 11.44 | |
| 10 | | 13.17 |
| 0 | | 13.87 |
| 5 | | 14.12 |

En el Cuadro 12, se muestra la prueba Duncan aplicada a los valores de cromaticidad b* en muffins con residuos de limón en polvo. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. En el subgrupo 2 se observa a los muffins con sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5%, considerándose el mejor al contar con el valor más cercano a la muestra comercial.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para la cromaticidad b* en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Subgrupo | | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 15 | 16.36 | | | |
| 10 | | 21.15 | | |
| 5 | | | 25.13 | |
| 0 | | | | 30.75 |

4.3. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre el contenido de fibra cruda en muffins

En la Figura 10, se muestran los resultados del contenido de fibra cruda en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins, se observa que esta variable aumentó significativamente con el incremento de la sustitución, reportándose valores desde 0.90 hasta 3.45%. En el Anexo 1, se encuentran los resultados completos de esta variable.

Arteaga (2016) evaluó la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo en cantidades (0, 10, 20 y 30%) en muffins, obteniendo un incremento de la fibra cruda con el aumento de la sustitución, obteniéndose 0.70, 1.12, 1.35, 1.83%; respectivamente. Comparando con los valores obtenidos en esta investigación, existen diferencias favorables en los productos con residuos de limón en polvo, lo cual nos indica que su contenido de fibra dietética total fue mayor en este residuo agroindustrial.

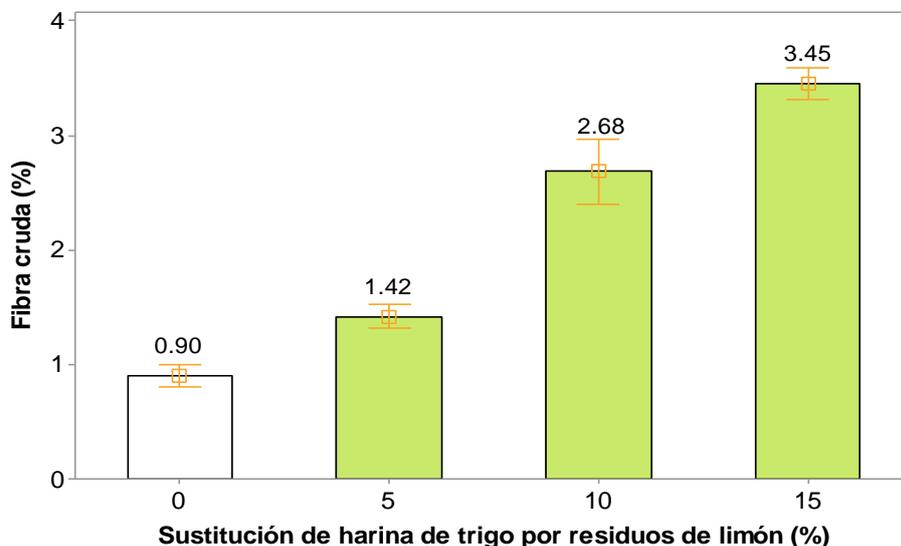


Figura 10. Contenido de fibra cruda en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Padrón y otros (2012) elaboraron muffins con sustitución de harina de trigo por harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton y Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente (0, 10, 15 y 20%) en la elaboración de muffins donde el contenido de fibra cruda incrementó de 0.32 a 0.81% en la sustitución con harina integral y de 0.32 a 0.47% en la sustitución con harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente.

Corrales y Erazo (2010) estudiaron la adición de almidón de achira (*Canna indica*) (25, 35 y 45%), leche (vaca y soya) en 17% para cada tipo de leche y edulcorantes (azúcar y panela) en cantidad de 10% para cada tipo de edulcorante, para la elaboración de muffins. Los resultados de fibra cruda oscilaron entre 2.16 hasta 2.87%, mientras que la muestra control obtuvo 0.30%.

Vasantha y otros (2008) estudiaron la adición de polvo de cáscara de manzana en cantidades de 0 hasta 24% en la elaboración de muffins,

evaluando el contenido fibra cruda, mostraron valores desde 1.3 hasta 7.0%. Estas diferencias se deben al tipo de subproducto empleado en las sustituciones y adiciones de los diferentes estudios; pero todos con una misma tendencia creciente.

Ramírez y otros (2015) indicaron que el aumento de fibra en muffins elaborados con sustitución de harina de trigo por subproductos del procesamiento de mango está relacionado con la presencia de celulosa y hemicelulosa. En las frutas, las paredes celulares constituyen la mayor parte de fibra dietaría, estos incluyen pectinas, celulosa y otros compuestos como lignina y cutina (Gonzales y otros, 2011).

En el Cuadro 13, se presenta la prueba de Levene modificada para el contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo.

Cuadro 13. Prueba de Levene modificada para el contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|-----------------|------------------------------|----------|
| Fibra cruda (%) | 1.050 | 0.405 |

La prueba de Levene modificada determinó homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) en el contenido de fibra cruda, por ello seguidamente, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

En el Cuadro 14, se presenta el análisis de varianza para el contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo, el cual indica efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en muffins.

Cuadro 14. Análisis de varianza del contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------|-------|
| | Sustitución | 16.262 | 3 | 5.421 | 457.871 | 0.000 |
| Fibra (%) | Error | 0.142 | 12 | 0.012 | | |
| | Total | 16.404 | 15 | | | |

Arteaga (2016) reportó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre de la sustitución de harina de trigo por de cáscara de uva en polvo sobre el contenido de fibra cruda en muffins.

Padrón y otros (2012) indicaron efecto significativo ($p < 0.05$) en la sustitución de harina de trigo por harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton y Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente sobre el contenido de fibra cruda en muffins.

Corrales y Erazo (2010) indicaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la adición de almidón de achira sobre el contenido de fibra cruda en la elaboración de muffins.

En el Cuadro 15, se presenta la prueba Duncan aplicada al contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo. Esta prueba indicó que existió diferencia significativa entre los tratamientos por la formación de subgrupos, así mismo, en el subgrupo 4, se observa el tratamiento de sustitución al 15% que presentó el mayor contenido con 3.45%.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para el contenido de fibra cruda en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Subgrupo | | | |
|-----------------------|----------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 0.90 | | | |
| 5 | | 1.42 | | |
| 10 | | | 2.68 | |
| 15 | | | | 3.45 |

4.4. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre el contenido de compuestos fenólicos en muffins

En la Figura 11, se presentan los resultados del contenido de compuestos fenólicos en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins, se observa que los valores incrementaron con un mayor nivel de sustitución de residuos, reportando valores desde 15.02 hasta 28.51 mg AG/100 g. En el Anexo 1, se encuentran los resultados completos de la variable.

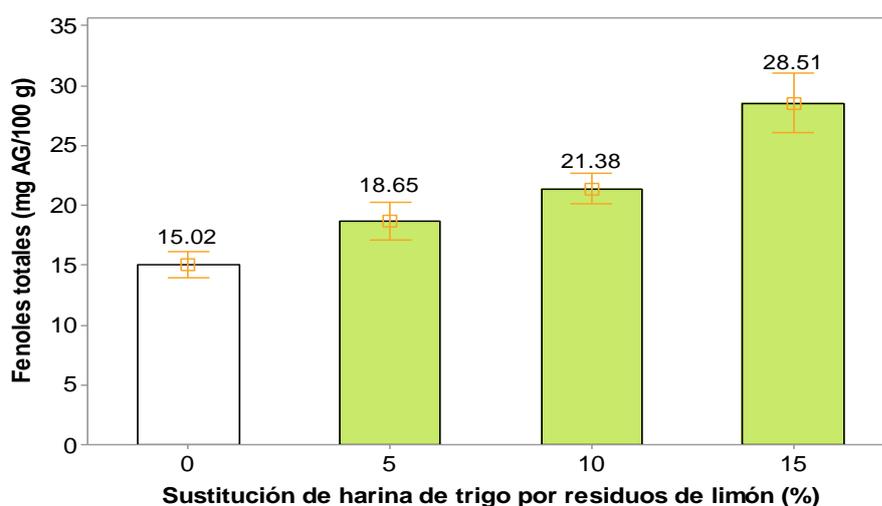


Figura 11. Contenido de compuestos fenólicos en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Arteaga (2015) estudió la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo (0, 10, 20 y 30%) en muffins, indicando un aumento de compuestos fenólicos, obteniéndose 9.80, 13.43, 15.69 y 22.48 mg AG/100 g; respectivamente. Comparando con los valores obtenidos en esta investigación, existen diferencias ligeramente favorables en los productos con residuos de limón en polvo, lo cual nos indica que su contenido en compuestos antioxidantes fue mayor en este residuo agroindustrial.

Ramírez y otros (2015) evaluaron la sustitución de harina de trigo y azúcar por subproductos de mango (0, 50 y 75%) en muffins, reportando un incremento de los compuestos fenólicos con una mayor sustitución, presentando valores de 186, 477 y 536 mg AG/100 g de peso seco; respectivamente. Los resultados obtenidos son mayores al de nuestra investigación lo cual se puede atribuir principalmente al mayor nivel de sustitución de la harina de trigo y compuestos antioxidantes propios de los residuos del mango.

Los polifenoles en el grano de trigo se encuentran principalmente en las capas externas y se pierden durante el refinado de la harina. El contenido de compuestos fenólicos es variable debido al carácter refinado de la harina de trigo usada en la preparación de muffins, puesto que el contenido de polifenoles en los cereales es muy variable, tanto en de grano entero y en el salvado, dependiendo de la variedad del cereal. El proceso de cocción afecta todos los compuestos fenólicos, durante la etapa de horneado. Las antocianinas no son estables y tienden a decolorarse o degradarse durante el procesamiento a altas temperaturas, como la cocción. La presencia de polifenoles es mayor en la harina de trigo integral, que en la harina blanca, y que en las fracciones de harinas de salvado-semolina. La estabilidad de polifenoles también puede verse afectada por los otros ingredientes de la mezcla del panecillo (Vasantha, 2008; Ramírez y otros, 2015).

El contenido de los polifenoles se encuentran principalmente en los residuos agroindustriales, en cáscaras de frutas y vegetales, y que las condiciones de procesamiento influyen sobre este. Existe la posibilidad de recuperar cantidades considerables de polifenoles con propiedades antioxidantes de dichos residuos agroindustriales y la misma vez estas, se pueden añadir a diferentes productos alimenticios para mejorar las condiciones nutricionales, en fibra, antioxidantes y otros compuestos fenólicos. La industria de cítricos produce una gran cantidad de residuos de cáscaras y semillas, los cuales podrían llegar por encima del 50% de total del peso de la fruta (Ronquillo, 2012).

En el Cuadro 16, se presenta la prueba de Levene modificada para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo.

Cuadro 16. Prueba de Levene modificada para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Estadístico de Levene | p |
|-----------------|------------------------------|----------|
| Fenoles totales | 0.560 | 0.651 |

La prueba de Levene modificada determino homogeneidad de varianzas ($p > 0.05$) en el contenido de compuestos fenólicos, seguidamente, se procedió a realizar el análisis de varianza y posteriormente la prueba Duncan para determinar la tendencia hacia el mejor tratamiento.

En el Cuadro 17, se presenta el análisis de varianza para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo.

El análisis de varianza muestra que la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el contenido de compuestos fenólicos en muffins.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo

| Variable | Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrados medios | F | p |
|------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------|-------|
| Fenoles totales | Sustitución | 390.842 | 3 | 130.281 | 112.631 | 0.000 |
| | Error | 13.880 | 12 | 1.157 | | |
| | Total | 404.722 | 15 | | | |

Ramírez y otros (2015) determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo y azúcar por subproductos del procesamiento de mango sobre el contenido de compuestos fenólicos en muffins.

Arteaga (2016) reportó efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo sobre el contenido de compuestos fenólicos en muffins.

En el Cuadro 18, se presenta la prueba Duncan aplicada al contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo. Esta prueba indica que existió diferencia significativa entre los tratamientos denotados por la formación de subgrupos. Además, en el subgrupo 4, se encuentra la sustitución del 15% que presentó el mayor valor con 28.51 mg AG/100 g.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para el contenido de compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Subgrupo | | | |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | 15.02 | | | |
| 5 | | 18.65 | | |
| 10 | | | 21.38 | |
| 15 | | | | 28.51 |

4.5. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la apariencia general en muffins

En la Figura 12, se muestra los resultados de la apariencia general en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins.

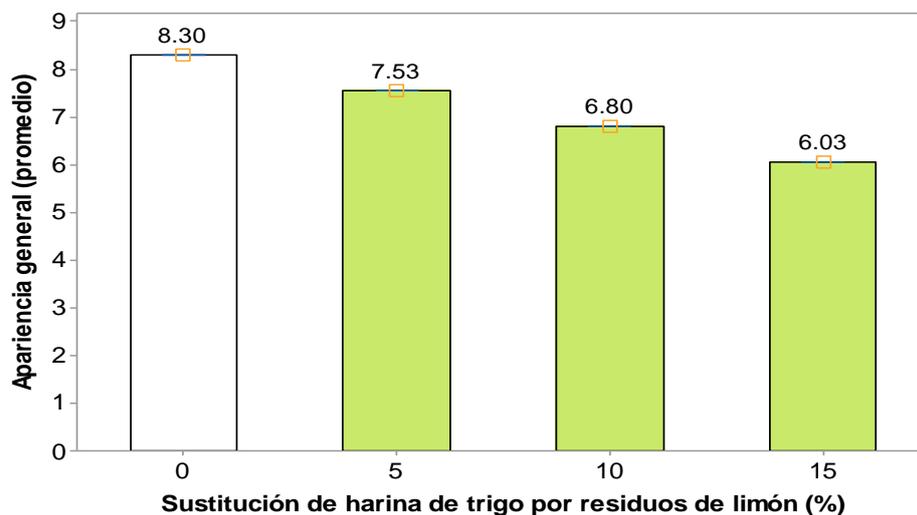


Figura 12. Apariencia general en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Se puede observar que con el incremento de la sustitución fue disminuyendo la percepción de apariencia por parte de los panelistas, reportando los mayores promedios la muestra control (8.30 puntos) y la sustitución al 5% (7.53 puntos). En el Anexo 2, se encuentran los resultados completos de esta variable.

Arteaga (2016) evaluaron la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva en polvo (0, 10, 20 y 30%) reportando el mayor promedio para la sustitución al 10% (7.87 puntos). Los panelistas indicaron que las muestras con menores sustituciones presentaron color y apariencia aceptable en el producto.

Al-sayed y Ahmed (2013) mencionaron que las puntuaciones sensoriales respecto a la apariencia de tortas elaboradas con sustitución de diferentes niveles de harina de trigo (2.5, 5.0 y 7.5%) ó grasa (5, 10 y 15%) por corteza de la sandía y cáscara de melón en polvo se vieron afectadas. Las tortas que tuvieron sustitución de 5 y 10% de corteza de la sandía y cáscara de melón en polvo recibieron puntuaciones superiores al control.

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos y son, por tanto, la apariencia, el olor, el aroma, el gusto y las propiedades de textura. Teniendo presente que la apariencia representa todos los atributos visibles de un alimento, se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la elección de un alimento (Ramírez y otros, 2015).

En el Cuadro 19, se presenta la prueba de Friedman, que determinó la existencia de diferencia significativa ($p < 0.05$) en la apariencia del muffins con residuos de limón en polvo. La sustitución con mayor apariencia fue la de 5% con rango promedio de 3.02 y moda con 8 puntos.

Cuadro 19. Prueba de Friedman para la apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Rango promedio | Promedio | Moda |
|-----------------------|----------------|----------|--------|
| 0 | 3.77 | 8.30 | 8 |
| 5 | 3.02 | 7.53 | 8 |
| 10 | 2.02 | 6.80 | 7 |
| 15 | 1.20 | 6.03 | 6 |
| Chi-cuadrado | | | 77.332 |
| p | | | 0.000 |

Al-sayed y Ahmed (2013) determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo y grasa por corteza de la sandía y cáscara de melón en polvos sobre la apariencia de tortas.

En el Cuadro 20, se presenta la prueba de Wilcoxon para la apariencia general de muffins con residuos de limón en polvo, la cual es usada para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares. Aquí, podemos precisar que la sustitución al 5% fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos, considerándose la mejor por su aporte en fibra dietética y compuestos antioxidantes, en comparación, a la muestra control.

Cuadro 20. Prueba de Wilcoxon para la apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | p |
|-----------------------|-------|
| 0 | 0.000 |
| 5 | 0.000 |
| 10 | 0.000 |
| 15 | 0.000 |

4.6. Efecto de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo sobre la aceptabilidad general en muffins

En la Figura 13, se muestran los resultados para la aceptabilidad general en muffins con sustitución de residuos de limón en polvo. Se puede observar que existió una mayor aceptación para la muestra control (8.0 puntos) seguido de la sustitución al 5% (7.23). Esto nos indica que los consumidores no presentaron alta aceptación al sabor amargo de los residuos de limón en productos de panificación. En el Anexo 3, se encuentran los resultados completos de esta variable.

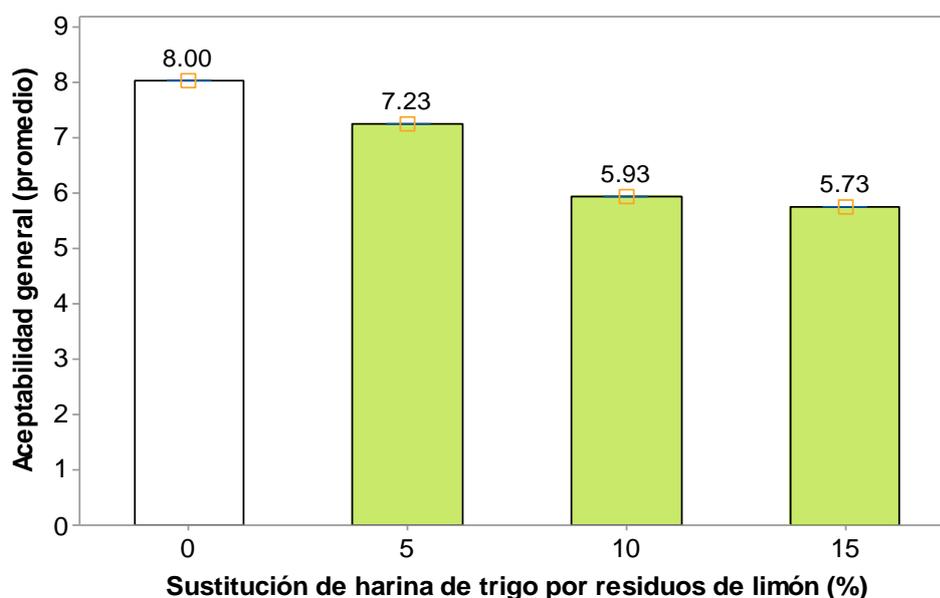


Figura 13. Aceptabilidad general en función de la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo en muffins

Ramírez y otros (2015) evaluaron la sustitución de harina de trigo por subproductos de mango (0, 50 y 75%) en muffins, reportando valores de 7.45, 7.6 y 8.2 puntos respectivamente. Los panelistas mencionaron que sintieron que predomina notoriamente el sabor característico de la fruta, además de presentar un buen sabor.

Martínez (2013) mencionan respecto a la evaluación sensorial en magdalenas que además de la textura, existen otras características relacionadas con la estructura de la miga que pueden influir en la aceptabilidad del producto como son la forma, altura, volumen, recuento y distribución de celdas de aire.

En el Cuadro 21, se presenta la prueba de Friedman, que determinó la existencia de diferencia significativa ($p < 0.05$) en la aceptabilidad del muffins con residuos de limón en polvo. La sustitución al 5% residuos de limón tuvo el mayor rango promedio de 3.10 y moda de 8 puntos.

Cuadro 21. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Rango promedio | Promedio | Moda |
|-----------------------|----------------|----------|--------|
| 0 | 3.87 | 8.00 | 9 |
| 5 | 3.10 | 7.23 | 8 |
| 10 | 1.60 | 5.93 | 6 |
| 15 | 1.43 | 5.73 | 8 |
| Chi-cuadrado | | | 84.134 |
| p | | | 0.000 |

Ramírez y otros (2015) determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) en la sustitución de harina de trigo por subproductos de mango sobre la aceptabilidad general en muffins.

Padrón y otros (2009) determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de sustitución de harina de trigo por harina integral de cladodios y harina de cladodios hidrolizada enzimáticamente sobre la aceptabilidad general en muffins

Ayadi y otros (2009) determinaron efecto significativo ($p < 0.05$) de la sustitución de harina de trigo con harina de cladodios de tuna sobre las características de aceptabilidad general en tortas.

En el Cuadro 22, se presenta la prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general de muffins con residuos de limón en polvo, la cual es usada para obtener información complementaria a la prueba de Friedman, cuando esta resulta significativa, comparándose todos los tratamientos por pares. Aquí, podemos precisar que la sustitución al 5% fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos, considerándose la mejor por su aporte en fibra dietética y compuestos antioxidantes, en comparación, a la muestra control.

Cuadro 22. Prueba de Wilcoxon para la aceptabilidad general en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | | p |
|-----------------------|----|-------|
| | 0 | 0.000 |
| 5 | 10 | 0.000 |
| | 15 | 0.000 |

V. CONCLUSIONES

La sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo presentó efecto significativo sobre la firmeza, color, fibra cruda, compuestos fenólicos, apariencia y aceptabilidad general en muffins.

La sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5% permitió obtener la mejor firmeza y características de color, así como, la mayor apariencia y aceptabilidad general en muffins.

La sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 15% permitió obtener el mayor contenido de fibra cruda y fenoles totales en muffins.

Se determinó como mejor tratamiento en la investigación a la sustitución de harina de trigo por residuos de limón en polvo al 5% por presentar las mejores características fisicoquímicas y sensoriales, así como, elevado contenido de fibra cruda y fenoles totales en muffins.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar la elaboración de muffins con sustitución de harina de trigo especial por otros subproductos agroindustriales en polvo como cáscara de naranja, mango, arándanos, piña y peladilla de espárrago blanco.

Evaluar la sustitución de azúcar por edulcorantes naturales como stevia o truvia en la elaboración de muffins.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Agraria de Noticias. 2016 Recuperado de <http://agraria.pe/noticias/piura-produce-120-mil-toneladas-de-limon-al-ano-12133>.

Alarcón, M., López, J. y Restrepo, M. 2013. Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaría obtenida a partir de cáscara de plátano. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 66. Colombia.

Alimentación Sana. 2015. La fibra Dietética. Recuperado de: <http://http://www.alimentacion-sana.org/Informaciones/novedades/fibra1>

Al-sayed, H. y Ahmed, A. 2013. Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. Annals of Agricultural Science, 58(1):83–95.

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Información sobre análisis sensorial en alimentos. Segunda edición. Edit. Acribia, S.A. Zaragoza. España.

Arora, A. y Camire, M. 2012. Performance of potato peles in muffins and cookies. Food Research International, 27.

Arteaga, P. 2016. Efecto de la sustitución de harina de trigo por cáscara de uva (*vitis Vinifera*) en polvo sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en muffins. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú.

Ayadi, M., Abdelmaksoud. W., Ennouri, M. y Attia, H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making. Industrial Crops and Products, 30:40–47.

Barragán, I. y Bautista, M. 2014. Caracterización de la semilla de chicayota (*Cucurbita argyrosperma sororia*) y su empleo en la panificación. Quinta Edición. Editorial Limusa S.A., México

Ben, K., Bouaziz, F., Zouari, S., Chaari, F., Ellouz, S., Ellouz, R. y Nouri, O. 2017. Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food Chemistry*, 217. 668-677.

Bilal, M., Rakha, A., Sohail, M., Rashid, S. y Ishtiaq, H. 2015. Physicochemical and sensory assessment of apple pomace enriched muffins. National Institute of Food Science and Technology, University of Agriculture, Faisalabad.

Centro de Investigación y Promoción del Campesino. Piura, Perú.

Recuperado de:

<http://www.cipca.org.pe/cipca/perurural/produccion/limon.htm>

Coello, N. y Castillo, P. 2010. Influencia de la sustitución de ingredientes en las características reológicas, calóricas y sensoriales en un cake tipo magdalena. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/>

Corrales, F. y Erazo, H. 2010. Influencia del almidón de achira para elaboración de muffins adicionando leche y edulcorantes. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.

Elleuch, M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S., Blecker C. y Attia H. 2011. Dietary fibre and fibre rich by products of food processing: characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem*, 124:411-421.

Fernández, K. 2015. Manual para la pastelería fina. Universidad Nacional de Educación. Enrique Guzmán y Valle. Facultad de Agropecuaria y Nutrición. Primera edición. Editorial Imprenta Sánchez S.R.L.

Forero, A. y Mutis, A. 2010. Muffins y cupcakes. Tesis Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia.

Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A. y Brennan, C. 2013. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*, 58:216-227.

García, J. 2010. Desarrollo de un producto de panificación adicionado con harina de ébano (*Ebenopsis ebano*) y posterior evaluación de parámetros fisicoquímicos, biológicos y sensoriales. Tesis Universidad Autónoma de Nuevo León. Oaxaca, México.

Gharib S. y Ataei E. 2012. The investigation on the effect of rice bran addition on the rheological and sensory properties of muffin cake. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Islámica Azad, Quchan Branch, Irán.

González, G., Quirós, A., Palafox y H. Robles, R. 2011. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. Vol. XIII (3):3-11.

Guerrero, D., Flores, A., Jo, O., Lama, D., Luy, G. y Mao, J. 2012. Diseño y experimentación de la línea de producción de una planta procesadora de limones. Facultad de Ingeniería. Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Perú.

Hernández, E. 2005. Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencia Básicas e Ingeniería. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá. Colombia.

Hugo, M. 2014. Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por puré de arándanos (*vaccinium mytilus*) en las características calóricas, fisicoquímicas y organolépticas del cupcake. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

Madrigal, D., López, R. y López, S. 2015. Aprovechamiento de desperdicios del beneficio del limón. Instituto Tecnológico de Oaxaca. México.

Martínez, S. 2013. Reemplazo de grasa y azúcar en muffin y su efecto sobre las propiedades reológicas, térmicas, de textura y sensorial. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroquímico. Universidad Pontificia de Valencia. España.

Ministerio de Salud. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 2009. Lima. Perú. Recuperado de:
<http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>

Novo, D., Urdiroz, A., Gruat, A., Costa, A., Ortiz, A., Quilez, J., López, E., Marcet, B., Martínez, E., García, E., Martín, S., López, M., Hurtado, A., Alonso, I. y Fernández, V. 2012. Manual de Calidad de Panadería, Bollería

y Pastelería. Asociación Española de la Industria de Panadería, Bollería y Pastelería. Editorial Agrícola Española S.A.

Ochoa, C. 2012. Formulación, elaboración y control de calidad de barras energéticas a base de miel y avena para la empresa Apicare. Tesis de Grado. Previa la obtención del título de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia.

Padrón, C., Aguirre, C. y Moreno, M. 2012. Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo con harinas de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii* Britton y Rose) integral e hidrolizada enzimáticamente como fuente de fibra en postres tipo ponquecitos. Revista Tecnológica ESPOL, 22.

Pérez, V., Lugo, E., Gutiérrez, M. y Sánchez, C. 2013. Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima y determinación de su actividad antioxidante. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 15 (3). Colombia

Petrik, N. 2013. Muffins, un poco de historia y su receta. Recuperado de: <http://petryknorberto.blogspot.pe/2013/09/muffins-un-poco-de-historia-y-su-receta.html>

Reyes, L. 2015. Efecto de la sustitución de grasa por pulpa de mango (*Manguiфера indica* L.) sobre la firmeza, color y aceptabilidad general en quesos. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú.

Ramírez, J., Blancas, F., Zamora, V., García, M., Bello, L., Tovar, J. y Sáyo, S. 2015 Nutritional properties and phenolic content of a bakery

product substituted with a mango (*Mangifera indica*) Ataulfo processing by-product. Food Research International, 73:117 - 123.

Romero M., Osorio P., Bello L., Tovar J. y Bernardino A. 2011 Fiber Concentrate from Orange (*Citrus sinensis* L.) Bagase: Characterization and Application as Bakery Product Ingredient.

Ronquillo, H. 2012. Estudio del efecto de la adición de la enzima alfa amilasa en un pan tipo muffin, elaborado con diferentes tipos de harina de trigo. Tesis para obtener el título de Ingeniería en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

Sharoba, A. y Farrag, A. 2013. La utilización de residuos de algunas frutas y verduras como fuente de fibra dietética y su efecto sobre el pastel y sus atributos de calidad. Egipto.

Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. Recuperado de: <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=salida>

Torres, M. 2015. Elaboración nutricional de muffins a base de harina de achira (*Canna edulis*) fortificado con harina de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y papaya (*Carica papaya*). Tesis para optar el grado de Bioquímico Farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.

Vasanth, H. Wang, L. Huber. G, Pitts, N. 2008. Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. Food Chemistry.107:1217–1224.

Velásquez, A. 2013. Nutrición proteico-energética. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. Universidad de la Habana, Cuba.

Wheat Foods Council. 2005. Grains of truth about muffins. Recuperado de: <http://www.ndwheat.com/uploads%5Cresources%5C412%5Cmuffins.pdf>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las evaluaciones de firmeza, color, fibra cruda y compuestos fenólicos en muffins con residuos de limón en polvo

| Residuos de limón (%) | Réplicas | Firmeza | L* | a* | b* | Fibra cruda (%) | Fenoles Totales (mg AG/100 g) |
|-----------------------|-----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-------------------------------|
| 0 | 1 | 0.94 | 48.38 | 14.41 | 29.04 | 0.87 | 15.22 |
| | 2 | 0.95 | 49.06 | 14.64 | 29.47 | 0.84 | 15.77 |
| | 3 | 0.88 | 48.85 | 14.09 | 31.00 | 0.98 | 14.09 |
| | 4 | 0.98 | 49.33 | 12.35 | 33.50 | 0.90 | 15.00 |
| | Promedio | 0.94 | 48.91 | 13.87 | 30.75 | 0.90 | 9.80 |
| 5 | 1 | 1.14 | 46.98 | 14.48 | 26.13 | 1.47 | 17.99 |
| | 2 | 1.19 | 47.41 | 13.46 | 23.50 | 1.46 | 17.88 |
| | 3 | 1.28 | 46.78 | 14.67 | 25.27 | 1.33 | 18.64 |
| | 4 | 1.26 | 47.68 | 13.85 | 25.60 | 1.42 | 20.09 |
| | Promedio | 1.22 | 47.21 | 14.12 | 25.13 | 1.42 | 13.43 |
| 10 | 1 | 1.33 | 45.63 | 13.00 | 21.77 | 2.93 | 20.86 |
| | 2 | 1.35 | 44.55 | 13.94 | 22.36 | 2.62 | 22.49 |
| | 3 | 1.29 | 44.09 | 12.64 | 19.72 | 2.51 | 21.38 |
| | 4 | 1.39 | 44.98 | 13.10 | 20.73 | 2.68 | 20.79 |
| | Promedio | 1.34 | 44.81 | 13.17 | 21.15 | 2.68 | 15.69 |
| 15 | 1 | 1.54 | 42.26 | 11.08 | 16.37 | 3.58 | 26.35 |
| | 2 | 1.58 | 43.11 | 12.08 | 17.69 | 3.40 | 29.11 |
| | 3 | 1.65 | 43.77 | 12.00 | 17.08 | 3.37 | 28.51 |
| | 4 | 1.60 | 41.23 | 10.58 | 14.28 | 3.45 | 30.06 |
| | Promedio | 1.59 | 42.59 | 11.44 | 16.36 | 3.45 | 22.48 |

Anexo 2. Calificaciones de las pruebas sensoriales para la apariencia general en muffins con residuos de limón en polvo

| Panelistas | Residuos de limón (%) | | | |
|-----------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| 1 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 2 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 3 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| 4 | 8 | 6 | 5 | 5 |
| 5 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 6 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| 7 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| 8 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 9 | 8 | 6 | 6 | 5 |
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 11 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| 12 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 13 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 14 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 15 | 8 | 8 | 7 | 6 |
| 16 | 8 | 8 | 7 | 6 |
| 17 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 18 | 8 | 6 | 6 | 5 |
| 19 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| 20 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| 21 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 22 | 8 | 8 | 7 | 6 |
| 23 | 9 | 9 | 8 | 7 |
| 24 | 9 | 8 | 8 | 7 |
| 25 | 8 | 8 | 7 | 6 |
| 26 | 8 | 7 | 7 | 5 |
| 27 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 28 | 8 | 8 | 7 | 6 |
| 29 | 8 | 7 | 7 | 6 |
| 30 | 8 | 6 | 5 | 5 |
| Promedio | 8.30 | 7.53 | 6.80 | 6.03 |

Anexo 3. Calificaciones para las pruebas sensoriales de aceptabilidad general en muffins con residuos de limón en polvo

| Panelistas | Residuos de limón (%) | | | |
|-----------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 |
| 1 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 2 | 9 | 8 | 7 | 7 |
| 3 | 9 | 8 | 6 | 6 |
| 4 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 5 | 7 | 7 | 5 | 5 |
| 6 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 7 | 8 | 8 | 6 | 6 |
| 8 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 9 | 8 | 7 | 6 | 6 |
| 10 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 11 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 12 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 13 | 8 | 7 | 5 | 5 |
| 14 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| 15 | 9 | 8 | 7 | 7 |
| 16 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 17 | 7 | 7 | 5 | 5 |
| 18 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 19 | 8 | 8 | 6 | 6 |
| 20 | 9 | 8 | 7 | 7 |
| 21 | 9 | 8 | 7 | 7 |
| 22 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 23 | 9 | 8 | 6 | 6 |
| 24 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 25 | 8 | 8 | 6 | 6 |
| 26 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 27 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 28 | 7 | 6 | 5 | 5 |
| 29 | 9 | 8 | 7 | 7 |
| 30 | 7 | 7 | 5 | 5 |
| Promedio | 8.00 | 7.23 | 5.93 | 5.73 |

Anexo 4. Vistas fotográficas de la elaboración de muffins con residuos de limón en polvo



Figura A. Residuos de limón en polvo



Figura B. Ingredientes para la elaboración del muffin



Figura C. Moldeado de los muffins



Figura D. Proceso de horneado



Figura E. Formulación S₁ de muffins



Figura F. Formulación S₂ de muffins



Figura G. Formulación S_3 de muffins



Figura H. Formulación de S_4 de muffins



Figura I. Evaluación de color en muffins



Figura J. Evaluación de firmeza en muffins